



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA

**ESTUDIO “IN VITRO” DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
DE LA CARIES DENTINARIA
CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

Doctorando:

M^a Alicia Pinto Guerra

Directores:

Prof. Dr. D. Rafael Llamas Cadaval

Prof. Dra. D^a Amparo Jiménez Planas

Sevilla, 23 de Marzo de 2015

**D. RAFAEL LLAMAS CADAVAL Y D^a AMPARO JIMENEZ PLANAS,
DOCTORES EN MEDICINA Y CIRUGÍA Y PROFESORES TITULARES
DE UNIVERSIDAD, DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE
LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

CERTIFICAN QUE: D^a M^a Alicia Pinto Guerra, ha realizado el
Trabajo de Tesis Doctoral titulado ***“ESTUDIO “IN VITRO” DE LAS
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CARIES
DENTINARIA CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE
BARRIDO”***, bajo nuestra Dirección y en el Departamento de
Estomatología.

Sevilla, 23 de Marzo de 2015.

Prof. Rafael Llamas Cadaval.

Prof. Amparo Jiménez Planas.

Gracias a los que un día confiasteis en mí,
vosotros sois los culpables
de que aún no me haya rendido.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rafael Llamas Cadaval por haberme inculcado su lucha e interés incansable en esta tarea tan difícil que es la investigación.

A la Dra. Amparo Jiménez Planas por estar siempre dispuesta a hacer de esta tarea investigadora algo fácil y apasionante.

A la Dra. M^a José Barra Soto agradecerle el esfuerzo, confianza y apoyo depositados en mí siempre, gracias a ti soy cada día un poco más grande.

A mi familia especialmente a mis padres, Enrique , mi abuela que sigue apostando por mí aunque no esté, mis hermanos, familia, amigos y compañeras de trabajo sin cuyo inestimable apoyo y colaboración en la realización de este trabajo y a lo largo de mis estudios, nada hubiera sido posible.

Agradecerles también al personal del Centro de Investigación Tecnológica e Innovación de la Universidad de Sevilla (CITIUS) el haber puesto a mi disposición lo necesario para llevar a cabo mi trabajo, especialmente a Cristina Vaquero su ayuda diaria.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
A) RECUERDO DE LA ANATOMÍA DENTAL	2
B) CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS DE LA DENTINA	4
1. GENERALIDADES.....	4
2. COMPOSICIÓN.....	4
3. ESTRUCTURA HISTOLÓGICA.....	4
4. PROPIEDADES FÍSICAS.....	7
5. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE DENTINA	8
6. PREDENTINA.....	9
7. PERMEABILIDAD Y VÍAS DE DIFUSIÓN DE LA DENTINA.....	9
C) LA CARIES COMO LESION.....	10
1. ETIOPATOGENIA.....	10
2. VÍAS DE INVASIÓN BACTERIANA Y DE DESMINERALIZACIÓN.....	11
3. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA CARIES DENTINARIA.....	12
4. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA CARIES DENTINARIA.....	13
a) Activa.....	13
b) Inactiva (detenida o pasiva)	16
c) Afectación pulpar.....	17
5. DIAGNOSTICO.....	17
a) Exploración visual.....	18
b) Inspección con sonda de exploración.....	19
c) Métodos con fluorescencia.....	19
- KavoDIAGNOdent.....	20
- Vistaproof.....	22
d) Radiología.....	24

	Página
D) MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO	26
1. CONCEPTO	26
2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	27
3. INDICACIONES.....	27
4. COMPONENTES	28
5. FUNCIONAMIENTO	29
E) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA DENTINA	
CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO	30
1. UNIÓN AMELODENTINARIA	30
2. DENTINA :	32
a) Túbulos dentinarios:	32
b) Tipos de dentina según su formación:	34
c) Tipos de dentina según su mineralización:	36
F) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA CARIES	
DENTINARIA CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE	
BARRIDO	39
1. TÚBULOS DENTINARIOS.....	39
2. DENTINA INTERTUBULAR.....	49
3. DENTINA SECUNDARIA REPARATIVA O Terciaria.....	50
II.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	53
A) JUSTIFICACIÓN	54
B) HIPÓTESIS	54
C) OBJETIVOS DEL ESTUDIO	55
III.MATERIALES Y METODOS	56
A) MATERIALES	57
1. DIENTES.....	57
2. APARATAJE PARA EL DIAGNÓSTICO.....	57
a) Lupa esteroscópica.....	57

	Página
b) KavoDIAGNOdent.....	58
c) Vistaproof.....	58
d) Radiología.....	58
3. MATERIA DE CORTE.....	59
a) Pieza de mano.....	59
b) Disco de diamante y mandril.....	59
4. MATERIAL DE PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	60
a) Separador de Ivory.....	60
b) Mordaza.....	60
c) Ácido ortofosfórico.....	60
d) Agua destilada	61
5. CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS CORTADAS.....	61
a) Envases de plástico con cierre hermético.....	61
b) Cloruro Cálcico.....	61
6. METALIZADORA SCAN COAT EDWARDS E09601000.....	62
7. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARIDO JEOL JSM 6460LV.....	62
8. ORDENADOR (MACK BOOK PRO 13").....	63
B) MÉTODOS	63
1. PREPARACIÓN PREVIA DE LOS DIENTES PARA EL ESTUDIO CON MEB.....	63
a) Exploración externa del diente	63
b) Determinación previa del grado de extensión de la caries dentinaria	64
c) Fractura del diente	65
d) Grabado con ácido ortofosfórico y lavado de la muestra.....	68
e) Determinación de la extensión de la lesión al corte.....	69
f) Secado de la muestra.....	70
g) Metalización de los dientes	72

2. OBSERVACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS DIENTES	
CON MEB	72
a) Procedimiento del análisis	72
b) Parámetros a valorar	74
3. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	90
IV. RESULTADOS	91
A) ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA EXPLORACIÓN DEL DIENTE.....	92
1. EXPLORACIÓN VISUAL.....	92
2. EXPLORACIÓN CON KavoDIAGNOdent.....	97
3. EXPLORACIÓN CON Vistaproof.....	98
4. EXPLORACIÓN RADIOLÓGICA.....	98
5. GRADO DE CONCORDANCIA DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EXPLORACIÓN.....	99
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MÉTODOS DE EXPLORACIÓN.....	100
B) ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL ESTUDIO MACROSCÓPICO AL CORTE (n=30).....	100
1. GRADO DE EXTENSIÓN.....	100
2. EXISTENCIA DE LA HENDIDURA DEL LÍMITE AMELODENTINARIO (LAD).....	102
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ESTUDIOS MACROSCÓPICOS AL CORTE.....	103
C) ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON MEB (n=150).....	103
1. DENTINA INFECTADA.....	110
a) Zona Necrótica.....	110
b) Zona superficial desmineralizada.....	111
2. DENTINA AFECTADA.....	112
a) Zona profunda desmineralizada.....	112
b) Zona de dentina hipermineralizada.....	113

c) Zona de dentina secundaria reparativa o terciaria.....	114
D) ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS LESIONES DE LA CRIES DENTINARIA CON MEB (n=150).....	115
V. DISCUSIÓN.....	119
A) MATERIALES Y MÉTODOS.....	121
1. MATERIALES.....	121
2. MÉTODOS.....	122
a) Conservación de las muestras.....	122
b) Métodos de exploración.....	122
c) Preparación de las muestras.....	125
B) ASPECTOS MACROSCÓPICOS	126
C) ASPECTOS MICROSCÓPICOS.....	127
1. ZONA DE DENTINA NECRÓTICA.....	130
2. ZONA DE DENTINA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA.....	131
3. ZONA DE DENTINA PROFUNDA DESMINERALIZADA.....	132
4. ZONA DE DENTINA HIPERMINERALIZADA.....	133
5. ZONA DE DENTINA SECUNDARIA REPARATIVA O TERCIARIA	135
D) CONSIDERACIONES GENERALES.....	136
VI. CONCLUSIONES.....	140
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	143

I. INTRODUCCIÓN

A) RECUERDO DE LA ANATOMÍA DENTAL

Los dientes son órganos de coloración blanquecina de elevada dureza, que se hayan situados en la boca e inmersos en las cavidades alveolares dispuestas en los bordes libres de ambos maxilares.

Las funciones de los dientes viene determinada por la forma que poseen, y las podemos resumir en:

- 1. Masticatoria:** con un importante papel en el primer tiempo del aparato digestivo, pues son los responsables de cortar, triturar los alimentos y formar, con ayuda de la saliva, el bolo alimenticio.
- 2. Fonética:** son elementos integrantes del aparato resonador de la fonación, jugando un papel fundamental en una correcta dicción.
- 3. Estética:** su perfecto desarrollo, y disposición en la cavidad bucal, así como su conservación son determinantes para la morfogénesis del macizo facial.

El diente, atendiendo a sus características estructurales, está constituido por tejidos diferenciados entre los que distinguimos unos tejidos duros como son el esmalte, la dentina y el cemento, que rodean al tejido blando pulpar.

Los dientes poseen dos porciones bien definidas: la corona y la raíz. La corona, es la parte que se visualiza en boca y que está cubierta por esmalte, y la raíz la que se encuentra dentro del alveolo óseo y está cubierta por cemento.

El **esmalte**, es la superficie dura y brillante de la corona anatómica, constituida por un 95% de cristales de dihidroxifosfato cálcico, un 4% de agua y un 1% de matriz orgánica. Su origen embriológico es ectodérmico desarrollándose a partir del órgano del esmalte.

La dentina y la pulpa constituyen el complejo dentino-pulpar, cuyo origen embriológico es el ectomesénquima procedentes de las crestas neurales, que se ubica en los territorios presuntivos de los futuros dientes, donde formará la papila dental y ésta la pulpa. Ambos tejidos van a ser analizados independientemente:

La **dentina** es un tejido duro y amarillo, situado bajo el esmalte y el cemento, constituye casi todo el diente, compuesto por un 70% de cristales de hidroxiapatita cálcica, un 18% de materia orgánica (fibras de colágeno) y un 12% de agua. Es menos dura que el esmalte, pero su resistencia es mayor, ya que posee una ligera elasticidad. Estas características se deben a la menor cantidad de sales minerales que tiene respecto al esmalte y a la disposición reticular tridimensional de la sustancia orgánica que forma parte de su estructura.

La **pulpa**, es el tejido blando (no calcificado) que se encuentra en la cámara pulpar y conductos radiculares, constituida por: tejido conectivo laxo; fibroblastos, vasos sanguíneos, nervios, sustancias básicas y células mesenquimatosas. Estas últimas serán las responsables de reponer los dentinoblastos dañados o destruidos.

El **cemento** es un tejido que cubre la raíz del diente, es de color amarillo, el de menor dureza de los tejidos duros del diente, y está compuesto por un 65% de hidroxiapatita cálcica, un 23% de materia orgánica (fibras de colágeno) y un 12% de agua. Su origen embriológico es mesodérmico, a partir del saco dental ^(1, 2).

B) CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS DE LA DENTINA

1. GENERALIDADES

La dentina, denominada también sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen del mismo. La porción coronaria de la dentina está recubierta por esmalte a manera de casquete, mientras que la región radicular está tapizada por el cemento. Interiormente, la dentina delimita una cavidad denominada cámara pulpar y conductos radiculares, que contiene el tejido pulpar.

2. COMPOSICIÓN

La dentina como ya hemos expuesto, está compuesta por materia inorgánica, materia orgánica y agua. La materia inorgánica está formada por: cristales de dihidroxifosfato cálcico (hidroxiapatita), más pequeños que los del esmalte y con una disposición desordenada, y la materia orgánica por colágeno tipo 1, glicosaminoglicanos, proteínas no colágenas, lípidos, etc.

3. ESTRUCTURA HISTOLÓGICA

La dentina está constituida por una red tridimensional de fibras colágenas y otras materias orgánicas e inorgánicas que van a delimitar los túbulos dentinarios. Estos túbulos son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina y alojan en su interior la prolongación citoplasmática del dentinoblasto, fibras colágenas, fibras nerviosas amielínicas y un trasudado procedente de la pulpa.

Los dentinoblastos van a producir la matriz colágena de la dentina y participan en el proceso de mineralización de la misma, siendo por tanto responsables de la formación y del mantenimiento de la dentina ⁽³⁾. Entre las prolongaciones de los dentinoblastos y la pared del túbulo hay un espacio denominado espacio periprocesal, que está ocupado por el fluido dentinario. Este espacio permite que el fluido se difunda de manera bidireccional, utilizando la vía centrífuga para nutrir la periferia de la dentina y la vía centrípeta para conducir los estímulos o los distintos elementos hacia la región pulpar ⁽³⁾.

Los túbulos dentinarios, normalmente se inician en la unión amelodentinaria, pudiéndose extender hacia el interior de la matriz del esmalte en formación, formando los “husos”. Presentan un diámetro más pequeño (1 μm) en la dentina externa que en la región circumpulpar (3-4 μm); esto guarda relación con el aumento gradual del tamaño de la prolongación del dentinoblasto a medida que éste se aproxima al cuerpo celular, siendo el número de túbulos en la corona mayor que en la raíz del diente.

Los dentinoblastos emiten ramificaciones laterales a intervalos de 1,0 a 2,0 micrones ⁽⁴⁾, que contactan con otras prolongaciones de los dentinoblastos adyacentes, lo que condiciona una superficie cribiforme del túbulo ⁽¹⁰⁾ y una red de túbulos dentinarios secundarios perpendiculares u oblicuos a los principales (conductillos intertubulares), que contactan con los túbulos vecinos ^(5,6), a través de los cuales se difunde el fluido dentinario. Aproximadamente el 45% del agua existente en la dentina se encuentra a nivel de los túbulos dentinarios principales, mientras que el 55% restante se localiza en las ramificaciones laterales y en la dentina intertubular ⁽⁷⁾.

Las características morfológicas de los túbulos dentinarios permite el tránsito rápido del fluido, lo que facilita la permeabilidad de la dentina y justifica los síntomas de dolor y sensibilidad ⁽⁸⁾.

Delimitando los túbulos, existe una dentina con un alto grado de mineralización, denominada **dentina intratubular o peritubular**. Ésta se encuentra en los túbulos a lo largo de la dentina, excepto cerca de la pulpa, y se denomina peritubular porque conforma un collar hipermineralizado que rodea los túbulos. Sin embargo, como está formada dentro y a expensa de los túbulos, sería más lógico hablar de dentina intratubular.

La masa principal de dentina, se va a localizar alrededor de los túbulos dentinarios y se denominará **dentina intertubular**; ésta es el cuerpo de la dentina y va a comprender la corona y la raíz. Aunque su composición es similar a la dentina intratubular pero menos calcificada, y las fibras de colágeno de su matriz, forman una red casi perpendicular a la dentina peritubular ⁽⁹⁾.

La dentina se va a depositar de manera incremental, lo que significa que igual que se deposita una determinada cantidad de matriz cada día, existe una interrupción de la actividad. Esta interrupción en la formación, causa una alteración de la matriz denominada **líneas de incremento** ⁽⁹⁾: **las mayores o línea de Owen** (zonas de hipocalcificación de la dentina similares a las estrías de Retzius del esmalte) y **las menores o líneas de Von Ebner** (son la expresión entre las fases de actividad y reposo en la posición de la matriz dentinaria, similares a las estriaciones transversales del esmalte).

A nivel de la dentina periférica coronal en relación con las líneas de Von Ebner, y siguiendo su disposición, encontramos la **dentina interglobular o espacios de Czermack**, que son áreas hipocalcificadas que quedan entre los grupos de calcoforitos por falta de fusión de éstos ⁽¹⁰⁾.

4. PROPIEDADES FÍSICAS

a) Color: la dentina presenta un color blanco amarillento que va a variar de un individuo al otro y a lo largo de la vida. Al ser el esmalte translúcido, el color del diente lo proporcionará la dentina. Este color va a depender de varios factores :

- grado de mineralización: los dientes temporales están menos mineralizados y tienen un color blanco azulado.
- vitalidad pulpar: los dientes desvitalizados presentan color grisáceo, al no transmitir el color sonrosado de los vasos llenos de sangre.
- edad: la dentina se hace más amarillenta con la edad, lo que está condicionado por la esclerosis fisiológica de los túbulos en personas de edad avanzada y el aumento de espesor de la dentina.

b) Translucidez: la dentina, al tener menor grado de desmineralización, es menos translúcida. Esta translucidez disminuye en los adultos y en la tercera edad.

c) Dureza: también determinada por el grado de mineralización. Es menor que la del esmalte y algo mayor que la del hueso y el cemento.

d) Radiopacidad: depende del contenido mineral y es menor que la del esmalte y algo mayor que la del hueso y cemento. Por su baja radiopacidad, la dentina aparece en la radiografía sensiblemente más oscura que la del esmalte.

e) Elasticidad: la elasticidad propia de la dentina va a permitir compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. Esta elasticidad variará en función de la cantidad de sustancia orgánica y el agua que contenga.

- f) **Permeabilidad:** la dentina es más permeable que el esmalte, debido a la presencia de los túbulos dentinarios que van a permitir el paso de distintos elementos. Esta permeabilidad va a ser una de las propiedades más importante en la práctica clínica por condicionar la evolución y desarrollo de la caries dentinaria, y facilitar el mecanismo de adhesión de los biomateriales ⁽³⁾.

5. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE DENTINA

- a) **Dentina primaria:** constituye la mayor parte de la dentina de las coronas y raíces de los dientes.
- La **dentina del manto** es la primera dentina primaria que se forma y está compuesta de gruesas fibras de colágeno. Ésta es menos mineralizada y contiene menos defectos que la dentina circumpulpar.
 - La **dentina circumpulpar**, se sitúa directamente subyacente a la dentina del manto y comprende la mayor parte de la dentina primaria.
- b) **Dentina secundaria fisiológica:** se forma solo después de la erupción del diente y es una banda estrecha que bordea la pulpa. Se forma después de que la corona haya entrado en función oclusal clínica y las raíces estén casi formadas. Esta dentina se deposita más lentamente que la primaria y durante toda la vida del diente.
- c) **Dentina secundaria reparativa o terciaria:** se forma sólo como respuesta a una agresión física o química de la pulpa; es el resultado de la estimulación pulpar y va a aparecer sólo en la zona de estimulación dentinoblástica. Puede depositarse de manera rápida, en cuyo caso la dentina resultante será irregular, con túbulos escasos, con disposición tortuosa y entrelazados y con posibles inclusiones celulares; o en

contraposición, formarse lentamente debido a pocos estímulos, aquí la dentina va a ser más regular y semejante a la dentina primaria o secundaria ⁽⁹⁾ .

6. PREDENTINA

La predentina es una banda de matriz de la dentina neoformada no mineralizada en el borde pulpar de la dentina. Es la demostración de que la dentina se forma en dos estadios, primero se deposita la matriz orgánica, y después se le añade una sustancia mineral inorgánica. La mineralización ocurre en la unión predentina-dentina, convirtiéndose así la predentina en una nueva capa de dentina ⁽³⁾ .

7. PERMEABILIDAD Y VÍAS DE DIFUSIÓN DE LA DENTINA

La permeabilidad dentinaria está condicionada por las características estructurales de la dentina en condiciones normales y sus modificaciones en condiciones fisiológicas y patológicas

La dentina se caracteriza por su permeabilidad, ya que presenta numerosas vías de difusión, por un lado los túbulos dentinarios que por su forma cónica, permite el tránsito rápido del fluido, lo que facilita la permeabilidad de la dentina y justifica los síntomas de dolor y sensibilidad ⁽⁸⁾, y por otro lado su elevado contenido en materia orgánica y elementos estructurales o áreas hipocalcificadas ⁽¹⁰⁾.

C) LA CARIES COMO LESIÓN

1. ETIOPATOGENIA

La caries es ***“una enfermedad multifactorial que condiciona la desintegración del componente orgánico y la disolución del componente inorgánico de los tejidos duros del diente”***⁽¹⁰⁾.

Keyes, en 1960⁽¹¹⁾, fue el primero que estableció el carácter multifactorial de la etiología de la caries, considerando tres factores primarios esenciales responsables: ***la microflora, el substrato (dieta), y el huésped (diente)***.

Para que actuaran estos factores sobre el esmalte, se requería de un ***tiempo***, por lo que Newbrun⁽¹²⁾, introdujo este como un cuarto factor.

Posteriormente Nikiforux⁽¹³⁾, completó estos factores con los denominados **factores secundarios** como son: saliva, ph, capacidad buffer, inmunoglobulinas etc; si bien estos factores ya los consideró Keyes al analizar los factores del huésped.

Según Miles⁽¹⁴⁾, los tejidos dentarios sufren cambios en la homeostasis y la inmunidad, dependiendo de la edad del individuo. Basado en esto, Uribe y Gladis⁽¹⁵⁾, incluyeron un quinto factor, la ***edad***.

En 1987, Grippo y Masi⁽¹⁶⁾ propusieron la inclusión de lo que denominaron ***Factores de Ingeniería Biodental (FIB)*** en un estudio de caries radicular. Estos factores son: biomecánicos (fuerza de tracción y de compresión, concentración de estrés), bioquímicos (corrosión de estrés y de fatiga, transporte iónico, saliva – ph etc), y bioeléctricos (piezoeléctrico, eléctrico- mecánico, diferencia de potencial entre los materiales implicados, electrolisis)⁽¹⁷⁾.

En 1994, Llamas y cols.⁽¹⁸⁾ propusieron la incorporación de estos F.I.B. y los factores genéticos-embriológicos como responsables también de la caries.

2. VÍAS DE INVASIÓN BACTERIANA Y DE DESMINERALIZACIÓN

El esmalte como ha sido descrito en epígrafes anteriores, no es una estructura impenetrable. La presencia de defectos estructurales como los cracks, van a permitir que en situaciones donde exista una caries de esmalte sin cavitación se pueda observar invasión bacteriana profunda, pudiendo los microorganismos alcanzar el límite amelodentinario ⁽¹⁹⁻²¹⁾ proliferar a nivel de la hendidura ⁽¹⁹⁾ e invadir las capas más superficiales de la dentina ⁽²²⁾.

Una vez que la lesión del esmalte avanza y alcanza la línea amelodentinaria, se puede ver el primer signo de desmineralización de la dentina que se caracteriza por una dentina de color marrón. La progresión de la lesión se detiene cuando la producción de ácidos termina y se eliminan los microorganismos cariogénicos, deteniéndose la desmineralización ⁽²³⁾.

A nivel de la dentina, en primer lugar se produce la invasión por lactobacilos causando la desmineralización. Posteriormente hay una invasión bacteriana mixta que prolifera en el interior de los túbulos causando compresión y destrucción de sus paredes e invadiendo la dentina peritubular ⁽²⁴⁾, produciendo una amplia y extensa destrucción dentinaria ⁽²⁵⁾.

Al mismo tiempo, las toxinas bacterianas lesionan el citoplasma de las prolongaciones de los dentinoblastos, degenerándolos, quedando los túbulos vacíos, dando lugar a lo que se conoce como **“tractos muertos”** ⁽²⁶⁾.

Una vez que las bacterias han alcanzado la dentina tienen fácil su proliferación gracias a los túbulos dentinarios y las comunicaciones entre éstos

(conductillos interlobulares), las cuales van a permitir que tanto éstas, como las toxinas y agentes irritantes lleguen a lugares distantes del punto de inicio de la lesión, permitiendo un avance de la lesión en sentido horizontal ⁽¹⁰⁾.

En los casos de evolución lenta, la prolongación de los dentinoblastos tienen tiempo de reaccionar y van retrocediendo originando dentina esclerótica y dentina secundaria reparativa o terciaria ⁽¹⁰⁾.

3. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA CARIES DENTINARIA

La lesión que se produce en la caries dentinaria tiene forma de *cono*, con la base en la unión amelodentinaria y el ápice dirigido hacia la pulpa, mostrando diferentes grados de decoloración desde el pardo, el pardo oscuro y el negro ⁽²⁷⁾.

Para hablar de las características de la caries dentinaria hay que comenzar haciendo mención que ésta lesión se produce tras una previa afectación de caries de esmalte, que puede alcanzar directamente la dentina en casos de caries cavitadas, pero que también puede hacerlo en la no cavitada.

Por un lado, se observa que existe una clara afectación dentinaria ^(28,29) debido a la permeabilidad del esmalte que permite el tránsito de ácidos, enzimas, otros elementos ⁽³⁰⁾, e incluso bacterias ⁽¹⁹⁻²²⁾, que originan una capa en la dentina superficial de color marrón, que se extiende paralelamente al límite amelodentinario, mostrando por debajo una capa hipermineralizada como respuesta de los dentinoblastos ante la agresión. Pero también se pueden observar todas las capas de una caries dentinaria activa en la que se aprecian la dentina infectada y afectada.

Estos rasgos morfológicos no son evidenciados en la exploración clínica visual ya que lo que existe es una primera situación de esmalte no cavitado.

Pero cuando el esmalte se cavita o fractura condiciona una clara exposición dentinaria. En estos casos el aspecto macroscópico de la dentina va a variar dependiendo de que haya existido o no una invasión bacteriana previa:

- Cuando no ha existido una invasión bacteriana, la capa más superficial de la dentina que está desmineraliza, se mineraliza en contacto con los fluidos orales, mostrando una dentina lisa, de color pardo-negruzca, hipermineralizada y muy dura (**dentina esclerótica**).
- Cuando se ha producido la invasión bacteriana, la dentina presenta una superficie irregular, de color pardo-amarillenta, aspecto grumoso desmineralizada y deleznable al tacto ⁽¹⁰⁾ , que es la llamada zona necrótica.

4. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA CARIES DENTINARIA

Clásicamente, se ha considerado que la caries dentinaria pueden desarrollarse como lesiones activas o inactivas (pasivas o detenidas).

a) Activa

Desde los primeros momentos de la caries de esmalte, a medida que el proceso infeccioso avanza en el esmalte intacto, se producen en la dentina cambios de la matriz con pérdida de mineral.

Furrer ⁽³¹⁾, en 1922, ya estableció una serie de capas o zonas patológicas en la caries dentinaria activa profunda, pero en el presente trabajo se seguirán las establecidas por Sarnat y Massler ⁽³²⁾, en 1925, y posteriormente utilizadas por Fusayama ⁽³³⁾, Hoffman ⁽³⁴⁾ y Llamas y Cols. ⁽¹⁰⁾. Estas zonas son:

- **Dentina infectada:** es la más superficial con gran número de bacterias y destrucción de tejido, está constituida por:
 - **Zona necrótica:** presenta túbulos dentinarios desintegrados, ocupados por masas de bacterias y material granuloso sin estructurar y con ausencia de dentinoblastos. Los túbulos dentinarios al estar ocupados por bacterias muestran erosión de las paredes peritubulares apareciendo grietas que se extienden hasta la dentina intertubular, conteniendo bacterias y restos necróticos, formando la zona necrosada superficial en una caries cavitada. Es un tejido muy deleznable y que se elimina con facilidad.
 - **Zona superficial desmineralizada:** comprende la porción más profunda de la región infectada. La morfología tubular de la dentina está distorsionada por la desmineralización, permaneciendo intacta la matriz orgánica. Hay gran número de bacterias y ausencia de dentinoblastos.
- **Dentina afectada:** es la masa remanente que ha sido atacada pero no destruida por el proceso carioso. En ella se distinguen:
 - **Zona profunda desmineralizada:** presenta túbulos bien formados e intactos, con presencia de bacterias en su interior pero en menor número que en las capas anteriores y ausencia de grietas. Clínicamente se caracteriza por ser una estructura dentinaria seca, blanda (desmineralizada), pero remineralizable.
 - **Zona hipermineralizada:** el complejo dentinopulpar es un tejido capaz de dar una respuesta frente a estímulos externos

formando la dentina esclerótica y la dentina secundaria reparativa o terciaria.

La primera reacción de la dentina frente a la caries de esmalte es la **esclerosis tubular o dentina esclerótica**, que se forma por la formación de dentina peritubular a lo largo de los túbulos, lo que conlleva a una obliteración gradual de los mismos.

Diferentes factores pueden estimular esta esclerosis tubular como:

- La atrición dental, generalmente asociado a un proceso evolutivo del desgaste de los dientes por la edad.
- La edad: la esclerosis tubular asociada a este factor será el resultado de un estímulo leve/suave.
- La caries: la esclerosis tubular observada en la caries ha sido descrita por ser el resultado tanto de la mineralización inicial peritubular seguido por el proceso de calcificación producido por los dentinoblastos, como por una calcificación intracitoplasmática inicial seguida de una mineralización dentinoblástica secundaria.

Por medio de la microscopía electrónica se van a observar dos tipos de cristales en la zona de esclerosis dentinaria:

- + cristales de hidroxiapatita en forma de placa.
- + cristales grandes romboédricos isodiamétricos, denominados “**cristales de caries**” o de **Whitlockita**, los cuáles no ocluyen completamente el túbulo y no forman parte del mecanismo defensivo del dentinoblasto ⁽³⁵⁾, pero sí sirven para proteger la pulpa al ocluir los túbulos. Estos cristales pueden ser el resultado de la precipitación de

iones disueltos de la dentina durante la destrucción cariosa, o pueden tener un origen de calcio extrínseco.

- **Zona de dentina secundaria reparativa o terciaria:** en respuesta a la acción de los irritantes y los productos tóxicos de los procesos cariosos, que alcanza a las prolongaciones de los dentinoblastos, estos responden retrocediendo y formando una dentina secundaria reparativa o terciaria, que suele actuar como una capa protectora. Dicha dentina puede: contener tantos túbulos como la circumpulpar pero de una forma desordenada, tener menos túbulos o ser atubular ⁽³⁴⁾.

b) Inactiva (detenida o pasiva)

En la actualidad, los investigadores no son capaces de establecer la actividad o inactividad de la caries-lesión, por lo que hablar de **“caries detenida, inactiva o pasiva”** es muy arriesgado, interpretando que las lesiones de mancha parda corresponden a este tipo de lesiones, cuando en realidad son lesiones del esmalte que se han mineralizado ⁽³⁰⁾ o se han teñido por elementos de los hábitos sociales o alimenticios o productos de los procesos cariosos.

Las características de las lesiones de “mancha parda”, se refiere en los textos con ausencia de zona necrótica y zona desmineralizada superficial, por lo que no tienen en resumen zona infectada ⁽³⁴⁾, pero la realidad es que estas lesiones de mancha parda, consideradas inactivas presentan todas las capas de la caries dentinaria, consideradas activas, con o sin capa infectada ⁽¹⁰⁾.

c) Afectación pulpar

Una vez descrita la lesión de caries dentinaria no se puede concluir este epígrafe sin añadir que esta lesión indudablemente trae como consecuencia la inflamación de la pulpa desde los primeros estadios. El grado de la respuesta inflamatoria dependerá del grado de virulencia de las bacterias, y de la intensidad y rapidez del avance de la caries. Una inflamación de la pulpa importante subyacente a la lesión cariosa, puede traer consigo la destrucción de los dentinoblastos de dicha área ⁽²⁷⁾ y por lo tanto cambios importantes en los posibles hallazgos morfológicos que se puedan encontrar en la caries dentinaria.

5. DIAGNÓSTICO

A pesar de la disminución de su prevalencia, la caries dental siguen siendo un problema de salud pública bastante significativo ^(36,37) .

El diagnóstico de la caries sigue siendo un reto, ya que su prevalencia y sus patrones han cambiado bastante en los últimos años. La dificultad en el diagnóstico de la caries dental se encuentra no sólo en los cambios morfológicos de las lesiones y su tasa de progresión, sino también en la falta de una metodología precisa para diagnosticar correctamente la enfermedad (exactitud) y la integridad de la estructura dental (especificidad) ^(38,39) .

Se sabe que existe entre los dentistas, una variación importante de los criterios utilizados para el diagnóstico de la caries y por tanto para proponer un plan de tratamiento. Esta diferencia se acepta normalmente como “el arte de la odontología”, ya que ninguna ciencia médica es exacta ^(40,41) de modo que si dos profesionales aplican diferentes métodos diagnósticos ante un mismo proceso de caries, se pueden obtener diferentes resultados, y en consecuencia un tratamiento,

también distinto, siendo uno de ellos más eficaz que el otro ⁽⁴²⁾.

Con este fin, han tenido lugar en las últimas décadas, la aparición de nuevas tecnologías para mejorar el proceso diagnóstico, enfocándolas hacia una detección temprana de la caries, que deben estar dirigidas hacia una Odontología mínimamente invasiva, de alta calidad y enfocada hacia la prevención y los factores de riesgo de caries y no a una actitud excesivamente intervencionista.

Para la detección de la lesión de la caries dental han sido desarrollados diferentes métodos, los cuales difieren en aplicabilidad y precisión de acuerdo a la superficie donde exista la sospecha de lesión, y que han evolucionado a través del tiempo por la necesidad de ser cada vez más útiles en realizar un diagnóstico precoz y eficaces en el tratamiento ⁽⁴³⁾. A continuación se exponen los diferentes métodos:

a) Exploración visual

Uno de los métodos más utilizados en la profesión ha sido la exploración visual por su simplicidad y accesibilidad al profesional. Con este método los resultados serán diferentes en función del estadio de la enfermedad, pudiendo observarse desde cambios de coloración en las lesiones incipientes ("mancha blanca", pigmentaciones pardas, amarillentas etc.), hasta cavidades en esmalte y dentina en lesiones severas ⁽⁴⁴⁾. En ocasiones, es imposible observar nada, ya que las lesiones son subsuperficiales.

El secado y limpieza previa del diente o dientes a examinar deben ser meticulosos y con una correcta iluminación. Se podrá hacer directamente o utilizar espejos y lentes de aumento, lo que facilita la visión.

En diferentes estudios se plantea que los principales fallos en el proceso diagnóstico son debidos a la dificultad que tiene el clínico para clasificar adecuadamente la lesión y no en su capacidad para detectarla ^(44,45). La inspección visual durante la exploración intraoral debe complementarse con la toma de fotografías o diapositivas de los dientes en los que haya duda sobre el diagnóstico. La observación posterior de estas imágenes pueden aclarar las dudas diagnósticas iniciales.

b) Inspección con sonda de exploración

La exploración de fosas, surcos y fisuras para la detección de caries se ha realizado con la sonda de exploración, siguiendo las indicaciones que la ADA había establecido. En la actualidad se sabe que la sonda de exploración no sirve para detectar caries en estas localizaciones y que además pueden producir iatrogenia, condicionando que lesiones que pudieron ser reversibles se conviertan en irreversibles ⁽⁴⁶⁾.

d) Métodos con fluorescencia

La fluorescencia es la propiedad de una sustancia de emitir luz cuando es expuesta a radiaciones del tipo ultravioleta, rayos catódicos o rayos X. Las radiaciones absorbidas (invisibles al ojo humano) son transformadas en luz visible (longitud de onda mayor a la radiación incidente)

Este método está basado principalmente en la autofluorescencia del diente debido al contenido mineral del esmalte siendo éste el principal responsable de este fenómeno, mientras que la dentina lo es de la opalescencia.

La fluorescencia del tejido dentario es bien conocida desde hace mucho tiempo, sin embargo, la detección de caries mediante el uso de fluorescencia no fue demostrada hasta principios de los años 80, del siglo pasado ⁽⁴⁷⁾.

- **KavoDIAGNOdent**

Hibst y Gall, en 1.998 ⁽⁴⁸⁾, desarrollaron este sistema láser portátil. Cuando se aplica una luz roja con longitud de onda de 655 nm, los cambios producidos por la caries en el diente, producen un aumento de la fluorescencia ⁽⁴⁹⁾ siendo este el principio en el que se basa el KavoDIAGNOdent (Kavo, Biberach, Alemania).

El **KavoDIAGNOdent** ilumina la superficie del diente con una luz láser roja intermitente, que penetra varios milímetros en el interior de la estructura dentaria (2 mm, aproximadamente). Una parte de la luz es absorbida por los componentes orgánicos e inorgánicos de la estructura dental, mientras que otra es remitida como fluorescencia, dentro del espectro infrarrojo, hacia el dispositivo de exploración.

Esta información es analizada y cuantificada, y aparecerá en la pantalla del sistema un valor numérico que estará en relación directa con el tamaño de la lesión, irá de 0 a 99, 0 indica el mínimo y 99 un máximo de fluorescencia. Opcionalmente, la detección de la radiación fluorescente puede ser constatada por medio de una señal acústica.

El sistema diagnóstico presenta dos puntas de exploración para la emisión de la luz: la punta A, en forma de cono truncado, que utilizaremos para el examen de fosas y fisuras, y la B (plana) (**Fig.1**), que permite examinar superficies lisas. Las instrucciones del dispositivo indican que el área que va a ser diagnosticada debe estar limpia, ya que la placa, el tártaro y las decoloraciones, pueden dar lecturas falsas.



Fig.1. Puntas A y B del KavoDIAGNOdent **Fig. 2.** Monitor del KavoDIAGNOdent

En el monitor se observan dos pantallas. En la primera “moment” hace referencia a la lectura que se da en ese momento. En la otra, “peak” hace referencia a la lectura máxima alcanzada por el dispositivo durante ese diagnóstico.

Las instrucciones de la Casa Comercial señalan también que valores numéricos entre 5 y 25 indican lesión inicial en el esmalte y valores mayores reflejan caries de dentina (temprana o avanzada si el valor es mayor de 35). Valores entre 0-10 corresponden a lesiones no activas, entre 11-20 las lesiones quedan limitadas a la mitad externa del esmalte, entre 21-30 ya se encuentran en la mitad interna del esmalte y es a partir de 31 cuando las lesiones afectan a dentina.

Llamas y cols. ⁽⁵⁰⁾ encontraron valores muy similares a los establecidos por la casa comercial.

VALORES DEL KavoDIAGNOdent EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS , SURCOS Y FISURAS (LLAMAS y Cols, 2001)		
SECO	HÚMEDA	EXTENSIÓN DE LA LESIÓN
0-6	5-10	Libre de caries
7-11	13-20	Caries de esmalte superficial
14-24	21-31	Caries de esmalte profundo
25-36	32-42	Caries de dentina superficial
37-58	43-68	Caries de dentina profunda
99	99	No valorable por presencia de tártaro.

Como evolución del clásico KavoDIAGNOdent, salió al mercado el **KavoDIAGNOdent pen 2190 (Fig.3)** , que presenta también dos puntas (en este caso, de cristal de zafiro): la 1 se utiliza para superficies proximales (es más larga y termina con un bisel), mientras que la número 2 es la utilizada para el diagnóstico de caries en fosas, surcos y fisuras.



Fig. 3. Puntas 1 y 2 del KavoDIAGNOdent pen.

- **Vistaproof**

El sistema de **Vistaproof**, de Dür AG (Bietingheim- Bissingen, Alemania) utiliza la fluorescencia para hacer el diagnóstico, por medio de una cámara intraoral (**Fig.4**) con un sistema de luz LED que proyecta sobre el diente una luz ultravioleta

de una longitud de onda de 405 nm. La cámara está cubierta de un plástico oscuro que rodea al diente para evitar la luz ambiental y facilitar así la captación de la fluorescencia del diente (**Fig.5**). Esta luz es útil para detectar la proporfirina IX (PP9) que es un producto de degradación de las bacterias cariogénicas . Las principales bacterias que producen PP9 (Protoporfirinas) son: Actinomyces Odontolitycus, Bacteroides Intermedius y Corynebacterium.



Fig. 4. Cámara intraoral del Vistaproof



Fig. 5. Cubierta de la cámara intraoral del Vistaproof

La fluorescencia emitida por el diente es recogida por un sensor que al ser almacenada en un ordenador y procesada es capaz de detectar las áreas de lesión del diente por la actividad bacteriana con la existencia de las porfirinas en un color rojo, mientras que el diente sano lo observamos con una fluorescencia de color verde. En el proceso de análisis que hace el software del ordenador de la imagen obtenida se hace una valoración automática, numérica y cromática en una escala de 0 a 5 que permite establecer el grado de afectación de la lesión cariosa en profundidad.

VALORES DEL VISTAPROOF EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS , SURCOS Y FISURAS		
COLOR	PROFUNDIDAD EN mm	EXTENSIÓN DE LA LESIÓN
Azul	1.0-1.5	Caries de esmalte superficial
Rojo	1.5-2.0	Caries de esmalte profundo
Naranja	2.0-2.5	Caries de dentina superficial
Amarillo	2.5-3.0	Caries de dentina profunda

En la actualidad es un método de gran utilidad para el diagnóstico de la caries de superficie oclusal ⁽⁵⁴⁾.

d) Radiología

Este es un método auxiliar de diagnóstico, que, según algunos autores, puede incrementar la sensibilidad del diagnóstico de la caries oclusal ⁽⁵¹⁾.

No obstante, la radiografía presenta limitaciones en el diagnóstico de las caries de localización oclusal, ya que debido al espesor de esmalte que cubre la dentina de las cúspides vestibulares y linguales, la imagen radiográfica de cualquier desmineralización incipiente es enmascarada disminuyendo la sensibilidad del diagnóstico, ⁽⁵²⁾ debido a esto su uso es recomendado en el caso de lesiones oclusales que hayan llegado a dentina y para verificar o tener una idea de la extensión de la lesión ⁽⁵¹⁾.

Puede decirse que, la exploración radiográfica es inexacta para detectar las lesiones incipientes y para determinar la extensión de la caries en profundidad, sin embargo, y a pesar de sus limitaciones resulta ser muy útil para monitorear las terapias preventivas y para el control de lesiones ya diagnosticadas, contribuyendo a la conservación de la máxima estructura dentaria posible.

A pesar de las limitaciones, la radiografía panorámica y las radiografías periapicales aportan información para el diagnóstico de la caries dental; pero el estudio radiológico de elección es la radiografía de aleta de mordida (bite-wing) ⁽⁴⁴⁾ por brindar mayor especificidad, sin embargo, a la hora de detectar caries oclusal de esmalte y dentina presenta una sensibilidad limitada ⁽⁵³⁾.

En la actualidad se siguen utilizando los criterios establecidos por Mathaller y German ⁽⁵⁵⁾.

VALORES DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS, SURCOS Y FISURAS.				
NORMAL	CARIES EN ESMALTE SUPERFICIAL	CARIES EN ESMALTE PROFUNDO	CARIES EN DENTINA SUPERFICIAL	CARIES EN DENTINA PROFUNDA
R0	R1	R2	R3	R4

D) MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

1. CONCEPTO

El Microscopio Electrónico de Barrido (M.E.B. o S.E.M.), es el que utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen, y permite obtener fotografías tridimensionales debido a que tiene una gran profundidad de campo, la cual permite que se enfoque a la vez una gran parte de la muestra (**Fig. 6**).

Microscopio electrónico de barrido (MEB)

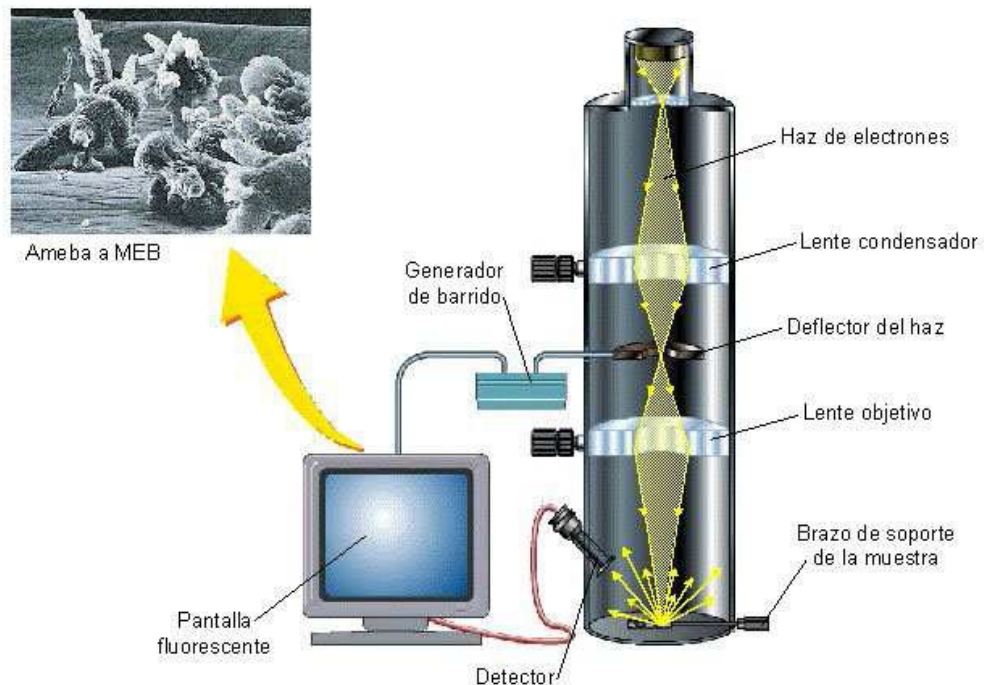


Fig. 6. Microscopio Electrónico de Barrido

También tiene una alta resolución, que significa que estructuras cercanas en la muestra puedan ser examinadas a una alta magnificación, pudiéndose apreciar detalles morfológicos y topográficos a gran aumento ^(56, 57).

2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La preparación de las muestras es relativamente fácil, los requisitos que deben cumplirse son: deshidratación, secado y metalización, ya que la superficie debe ser conductora de la corriente eléctrica, este requisito se cumple en los metales pero no en las muestras biológicas por lo que éstas se recubren con una capa de carbono o una capa delgada de metal como el oro.

3. INDICACIONES

Estos microscopios son ampliamente usados en biología celular; permitiendo la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos, ofreciendo información morfológica del material analizado. A partir de él se producen distintos tipos de señal que se generan desde la muestra y se utilizan para examinar muchas de sus características.

Con él se pueden realizar estudios de los aspectos morfológicos de zonas microscópicas de diversos materiales, además del procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas.

4. COMPONENTES

La parte principal de un microscopio electrónico de barrido es la denominada ***columna de electrones*** la cual lleva alojados en su interior los siguientes elementos (Fig. 6.) :

- Un cañón de electrones con un filamento que actúa como emisor o fuente de iluminación, por analogía por un sistema óptico.
- Un portamuestras con distintos grados de movimiento.
- Un sistema de lentes electromagnéticas encargado de focalizar y reducir a un diámetro muy pequeño el haz de electrones producido por el filamento.
- Un sistema de barrido que hace recorrer el haz de electrones ya focalizado por la superficie de la muestra.
- Un sistema de refrigeración y uno de suministro eléctrico.
- Uno o varios sistemas de detección que permiten captar el resultado de la interacción del haz de electrones con la muestra y transformarlo en una señal eléctrica.
- Una salida conectada a una o varias bombas que producen el vacío necesario para que el conjunto funcione correctamente.
- Y por último los detectores :
 - El de electrones secundarios: la señal de electrones secundarios proporciona una imagen de la morfología superficial de la muestra.

- El detector de rayos X: identifica la distribución cuantitativa y cualitativa de elementos químicos que se encuentran presentes en la muestra, mostrando gráficas e imágenes relacionadas con esa distribución ⁽⁵⁹⁾.

5. FUNCIONAMIENTO

Lo primero que ha de producirse es la aceleración de los electrones en un campo eléctrico, para aprovechar de esta manera su comportamiento ondulatorio, esto se llevará a cabo en la columna del microscopio.

Los electrones podrán ser acelerados por:

- un voltaje pequeño: se usan para muestras muy sensibles, como pueden ser las muestras biológicas.
- un voltaje alto: se usan para muestras metálicas, ya que éstas no sufren daños como las biológicas.

Una vez se han acelerado los electrones éstos salen del cañón, y son enfocados por las lentes condensadoras y objetivas, cuya función es reducir la imagen del filamento, de manera que incida en la muestra un haz de electrones lo más pequeño posible.

El bombardeo de electrones va a provocar la aparición de diferentes señales que, captadas con detectores adecuados, nos proporcionan información acerca de la naturaleza de la muestra.

E) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA DENTINA CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Para la realización de este trabajo nos ha servido como guía básica el libro de Kaqueler y cols.⁽³³⁾ sobre la microscopia electrónica de barrido de las estructuras bucodentarias.

1. UNIÓN AMELODENTINARIA

La unión amelo-dentinaria puede ser estudiada con MEB a partir de diferentes tipos de preparaciones:

a) Desmineralizaciones en ácidos que permiten describir la organización estructural de la unión amelo- dentinaria. Para alcanzar la dentina situada inmediatamente en la unión amelo- dentinaria, es necesario proceder a una inmersión prolongada de las coronas dentarias en ácidos. Esta técnica se detendrá cuando estemos ante una fina película de esmalte en la región cuspídea, para así evitar una excesiva alteración de los tejidos.

Un mayor engrosamiento de la zona intermedia entre el esmalte y la dentina subyacente pone en evidencia las crestas dentinarias, en forma de espolón, que se insinúan bajo el esmalte y delimitan las cúpulas, las cuales participan en la cohesión de los dos tejidos, sin embargo, en ciertos casos, y en particular en la región cervical, la dentina de la unión no presenta protuberancias sino que presenta una superficie plana ligeramente ondulada .

b) Deseccación por calor de coronas dentarias previamente cortadas. Después de esta desecación, con la realización de un tallado natural hace posible la

eliminación, en la zona cervical, de una capa de esmalte exponiendo la dentina subyacente . El aspecto de la dentina es rizado y regular, sin embargo, es más granulado que el descrito en las muestras desmineralizadas en las que el ácido ha disuelto el relieve dentinario.

c) Cortes longitudinales del diente. Tras una fractura longitudinal, la unión amelo-dentinaria suele romperse formando una estrecha grieta. La orientación diferencial de las muestras permite visualizar tanto las excrecencias piramidales dentinaria, como sus equivalentes amelares.

Los casos en los que la unión permanece intacta son menos frecuentes y se identifican porque aparecen los dos tejidos fusionados con un límite sinuoso e impreciso.

Ocasionalmente, los túbulos dentinarios se adentran algunas micras en el esmalte, constituyendo los “ **husos del esmalte** ” (**Fig. 7**).

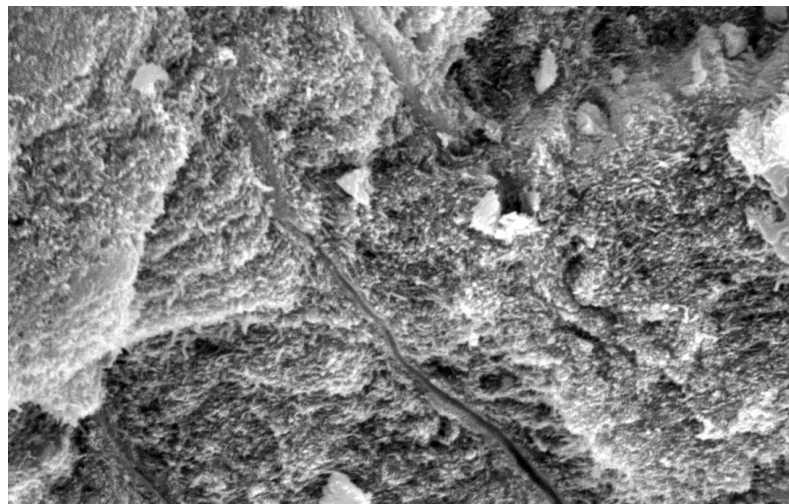


Fig. 7. *Husos del esmalte*

La acumulación desordenada de los cristales de hidroxiapatita de los dos tejidos sería menos pronunciada de lo que se describe habitualmente en otros textos de histología dental.

2. DENTINA

a) Túbulos dentinarios:

- **Dentinoblastos** : son células especializadas, cuya función principal es la síntesis de la matriz dentinaria.

Durante la formación de la primera capa de dentina, estos dentinoblastos presentan numerosas extensiones citoplasmáticas en su extremo apical. Durante la dentinogénesis, sólo subsistirá una única extensión con una extremidad bi o trifida, denominada **prolongación dentinoblástica**. El cuerpo dentinoblástico tiene la forma de un cilindro cuyo polo basal es cónico y cuya superficie presenta pequeñas prominencia. En el extremo del polo distal comienza la prolongación dentinoblástica, rectilínea, lisa que se adentra progresivamente en la matriz predentinaria.

Esta prolongación, quedará englobada progresivamente en un túbulo dentinario, y emitirá finas extensiones laterales que se situarán en los túbulos secundarios.

Se han observado dos disposiciones de dichas prolongaciones , enroscadas sobre sí mismas o extendiéndose de una forma rectilínea en el interior de los túbulos.

En esta última disposición, que es la habitual, las prolongaciones dentinoblásticas están separadas de la pared tubular por un espacio variable. (Fig. 8).

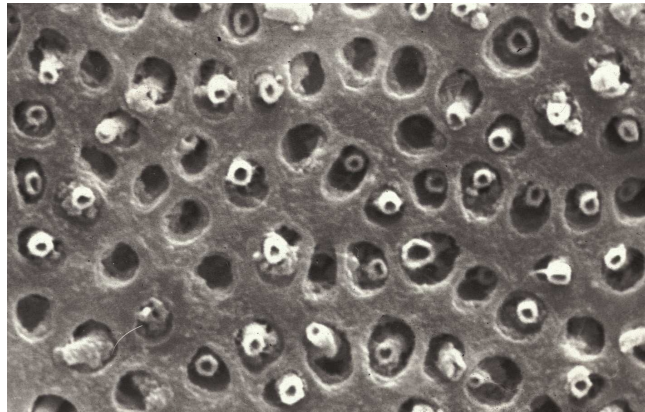


Fig. 8. *Prolongaciones de los dentinoblastos en el interior de los túbulos dentinarios.*

En los dientes jóvenes, los cuerpos de los dentinoblastos, están alineados en una monocapa regular, tapizando uniformemente la dentina, y durante el envejecimiento, la elaboración continua de la dentina, implica una reducción del volumen de la cámara pulpar, fenómeno que se acompaña de un retroceso y apiñamiento de los dentinoblastos que se disponen en varios niveles superpuestos.

- **Espacio peridentinoblástico ó pericitoplasmático:** es el espacio que separa la membrana plasmática de la prolongación dentinoblástica de la pared tubular y contiene fibras de colágeno, a veces una fibra nerviosa y un exudado plasmático que proviene de la pulpa conocido como *fluido dentinario* el cuál juega un papel importante en el proceso de sensibilidad dentinaria (Fig. 8 y 9).

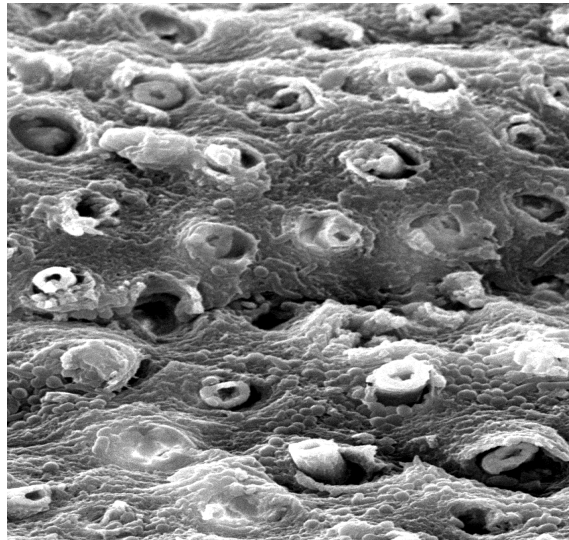


Fig. 9. *Prolongaciones de los dentinoblastos en el interior de la luz del túbulo observándose el espacio peridentinoblástico.*

- **Pared del túbulo:** generalmente, tiene una superficie irregular en la que se observan orificios que corresponden a los túbulos secundarios que comunican unos túbulos con otros y que muestran en su interior pequeñas prolongaciones de los dentinoblastos, que contactan con otras ramificaciones procedentes de otros túbulos. Ocasionalmente en la pared se pueden observar fibras colágenas.

b) Tipos de dentina según su formación:

- **Dentina primaria y secundaria:** la dentina primaria es la elaborada durante el periodo de formación hasta que se alcanza la forma externa del diente. El límite preciso entre el final de la síntesis de la dentina primaria y el comienzo de la formación de la dentina secundaria, es difícil de determinar, debido a que la dentinogénesis es un proceso continuo que, de manera progresiva, se ralentiza a partir de un momento mal determinado.

Además de una dificultad de distinción cronológica, existe una dificultad de distinción morfológica puesto que, normalmente, es imposible distinguir con el MEB el límite entre dentina primaria y dentina secundaria.

- **Dentina secundaria reparativa o terciaria:** es la dentina elaborada como reacción a una agresión, constituyendo por tanto un mecanismo de defensa. Se caracteriza por la existencia de túbulos escasos y tortuosos. (**Fig.10 y 11**).

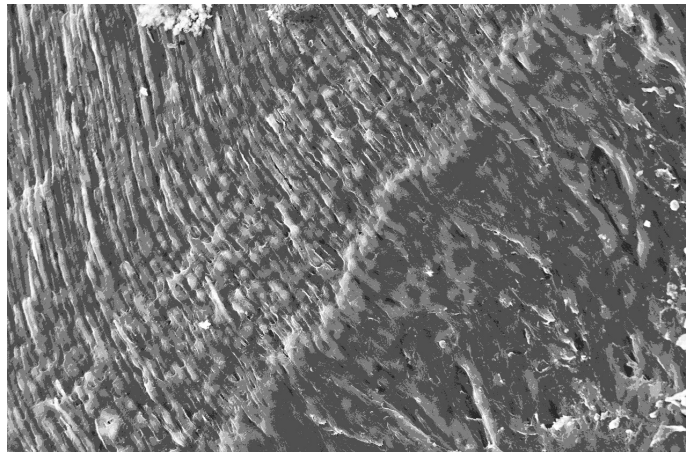


Fig. 10. *Dentina secundaria reparativa o terciaria*

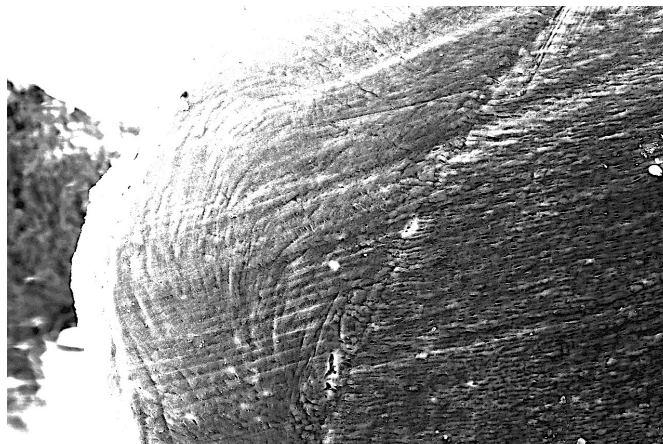


Fig. 11. *Dentina secundaria reparativa o terciaria*

c) Tipos de dentina según su mineralización:

- **Dentina peritubular e intertubular:** la dentina no constituye una masa tisular homogénea, sino que representa dos partes denominadas dentina inter y peritubular, cuya principal diferencia es el grado de mineralización de cada una de ellas.

La **dentina peritubular** a menudo está mal delimitada hasta el punto de confundirse con la dentina intertubular, especialmente en el tercio dentinario interno y en sujetos jóvenes; siendo por el contrario, más visible en la dentina periférica y en personas mayores.

En fracturas longitudinales provocadas, la dentina peritubular presenta forma de manguito liso y denso (**Fig. 12 y 13**), distinguiéndose de la dentina intertubular la cual presenta un aspecto granuloso e irregular .

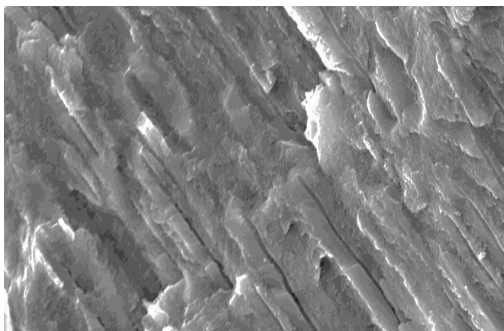


Fig. 12.*Dentina peritubular*

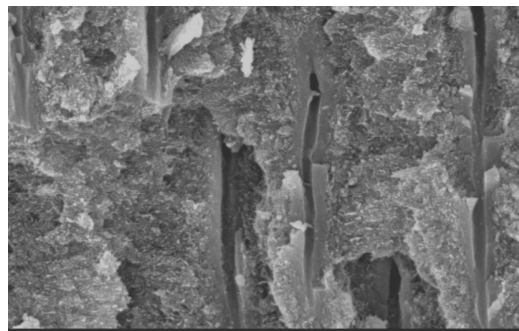


Fig. 13.*Dentina peritubular*

En fracturas transversales provocadas, la luz del túbulo está rodeada por un anillo de dentina peritubular (**Fig.14**) El espesor de la dentina peritubular aumenta durante el envejecimiento de la dentina , lo que conlleva a una reducción progresiva del diámetro del túbulo.

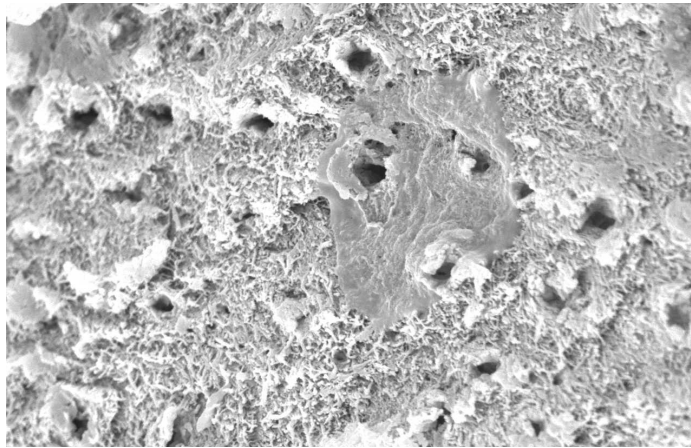


Fig. 14. *Dentina peritubular*

La **dentina intertubular** es la que está situada entre los anillos de dentina peritubular hipermineralizada y representa la masa principal de la dentina (**Fig. 13 y 14**).

- **Dentina esclerótica:** el tejido mineralizado que obstruye la luz del túbulo se llama dentina esclerótica o dentina intratubular (**Fig.15**) y está constituida por una formación excesiva de la dentina peritubular. Esta esclerosis va a disminuir la permeabilidad dentinaria, considerándose como un fenómeno de protección y de defensa ya que limita la difusión de sustancias nocivas y protege la pulpa de las irritaciones.

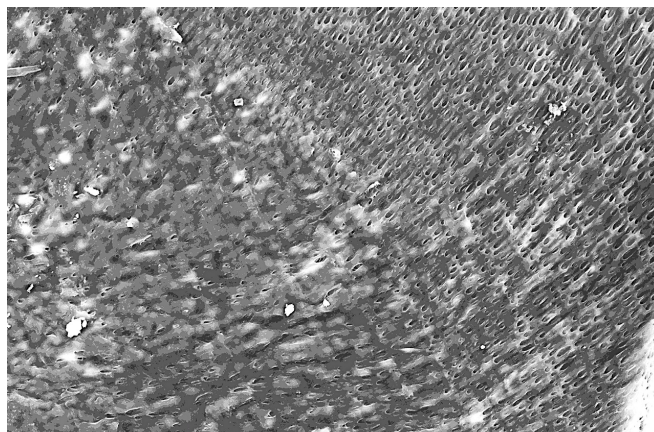


Fig. 15. *Dentina esclerótica o intratubular*

Se distinguen dos tipos de esclerosis dentinaria:

- **Esclerosis fisiológica:** resulta de la formación continua de dentina peritubular durante el envejecimiento del órgano dental y conlleva a una disminución progresiva del diámetro del túbulo.
- **Esclerosis patológica o reaccional:** se observa principalmente en lesiones cariosas o en casos de atrición oclusal.

F) CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA CARIES DENTINARIA CON MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.

Ya hemos descrito las características histológicas de la caries dentinaria según Sarnat y Massler ⁽²⁶⁾, pero la Microscopia Electrónica de Barrido nos puede aportar detalles de las lesiones existentes en el tejido dentario que pueden ser de interés para comprender el proceso fisiopatológico de la caries dentinaria.

A continuación analizaremos las lesiones tisulares que se pueden detectar en las diferentes zonas ubicadas por tanto en diferentes localizaciones:

1. TÚBULOS DENTINARIOS:

Las bacterias, los ácidos y las toxinas se vehiculizan con más facilidad a través de los túbulos dentinarios, por lo que las lesiones que se pueden observar en éstos son fundamentales.

- **Disposición de los túbulos:** los túbulos pueden tener una distribución rectilínea en la dentina circumpulpar (**Fig.16**) o tortuosa en la dentina secundaria reparativa o terciaria. (**Fig.17**). Si bien la distribución rectilínea es la más frecuente, éstos presentan en su recorrido pequeñas curvaturas (**Fig16**).

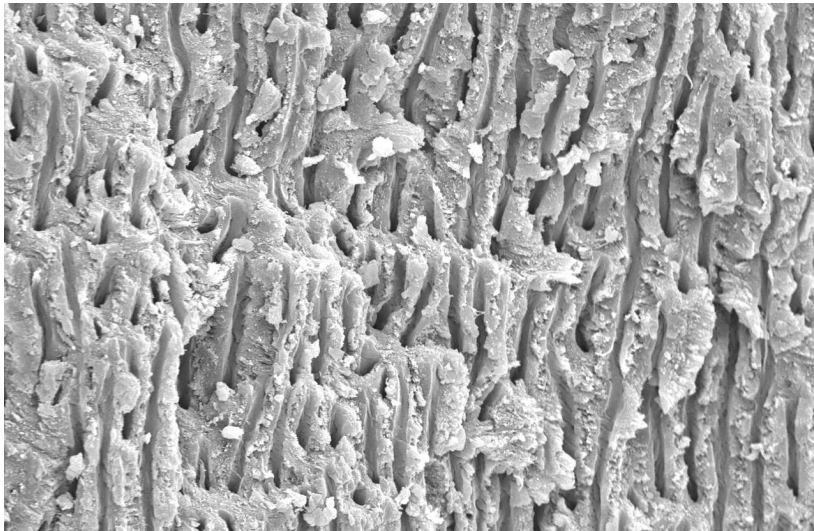


Fig.16. *Túbulos con distribución rectilínea*

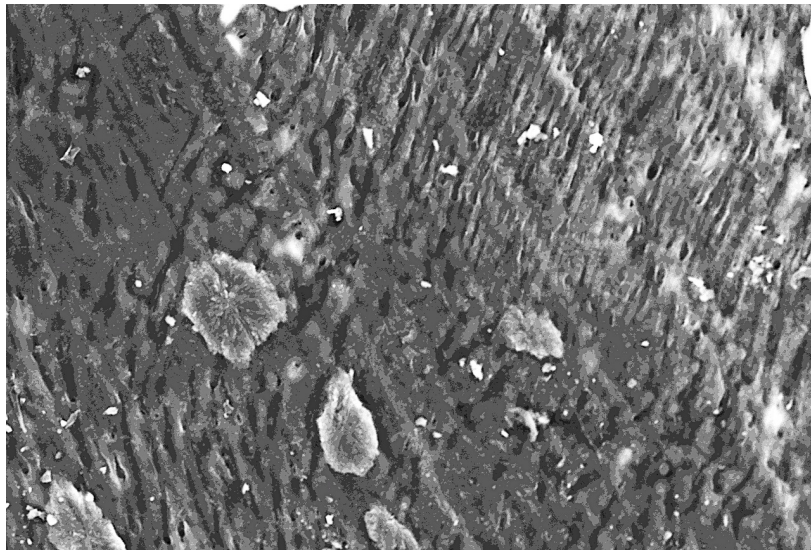


Fig. 17. *Túbulos con disposición tortuosa*

- **Prolongaciones de los dentinoblastos:** dependiendo de la zona de lesión según Sarnat y Massler ⁽³²⁾, en las capas más profundas pueden existir las prolongaciones celulares (**Fig.8, 9 y 18**).

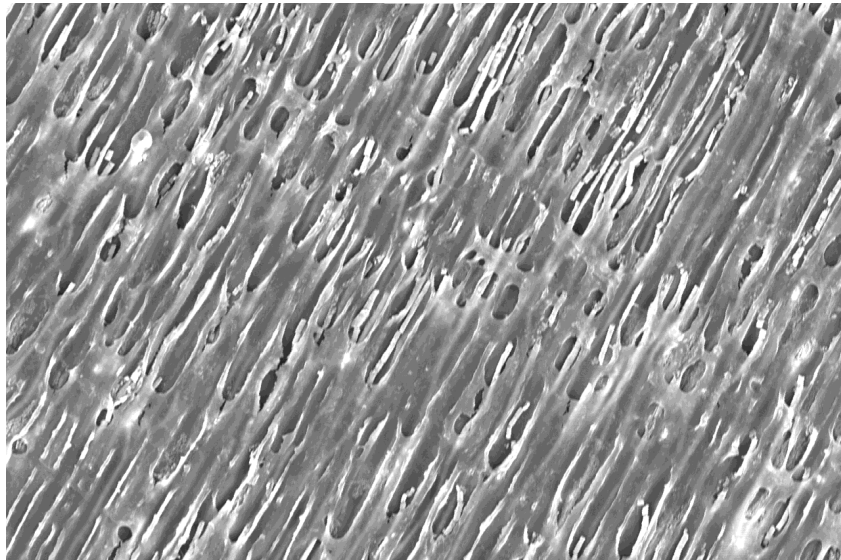


Fig. 18. *Prolongaciones de los dentinoblastos en el interior de los túbulos dentinarios*

- **Túbulos vacíos (“Tractos muertos”):** la existencia de túbulos vacíos sin prolongación de los dentinoblastos (**Fig.19**), se observa debido a la muerte celular o al retroceso de la prolongación del dentinoblasto, que se produce como respuesta a un irritante.

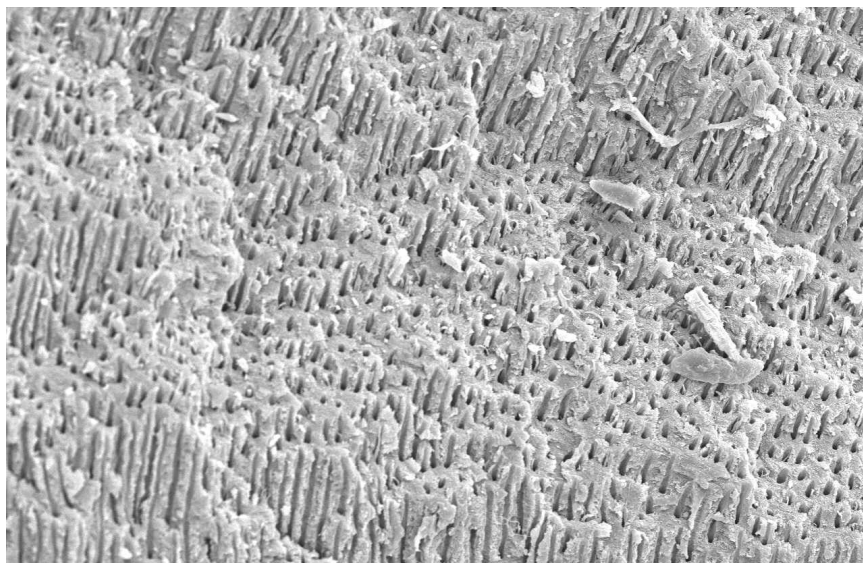


Fig. 19. *Túbulos vacíos (“tractos muertos”)*

- **Bacterias:** en la luz del túbulo pueden existir bacterias en un grado variable dependiendo de la localización y profundidad, y que pueden sobrepasar los límites del túbulo dentinario alcanzando la dentina intertubular (**Fig.20**).

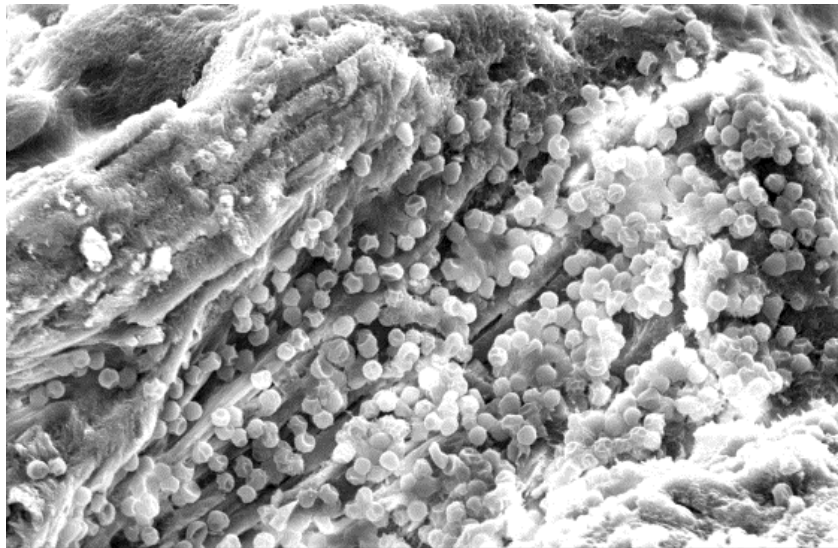


Fig. 20. *Bacterias en el interior y exterior del túbulo dentinario*

- **Exposición de colágena en la pared:** la desmineralización va destruyendo los cristales de hidroxiapatita de las superficies lisas de la pared del túbulo, dejando expuesta las fibras colágenas (**Fig.21**).

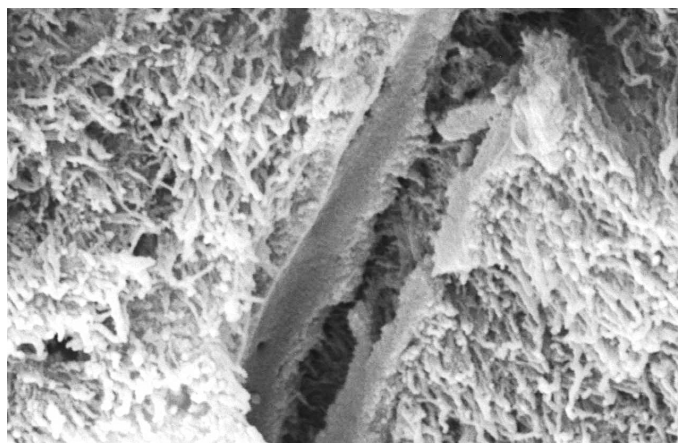


Fig. 21. *Exposición de las fibras colágenas en el interior de la pared del túbulo dentinario*

- **Irregularidades de la pared:** las bacterias van horadando las superficies lisas de la pared del túbulo, creando irregularidades (**Fig.22 y 23**).

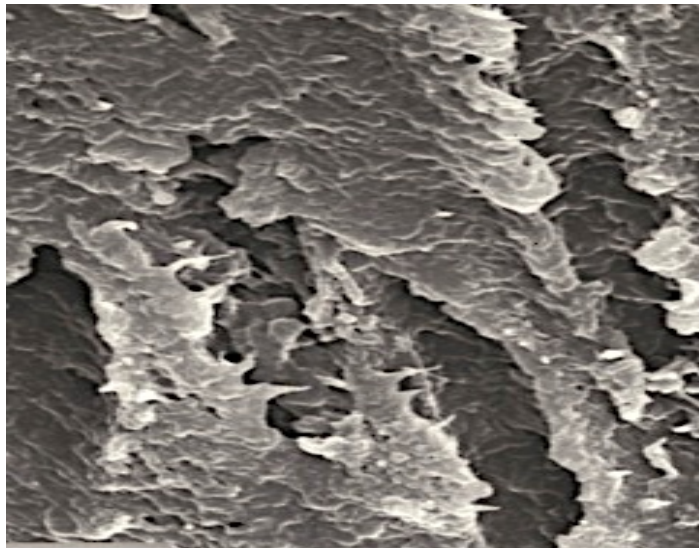


Fig. 22. *Túbulos dentinarios con paredes horadadas*

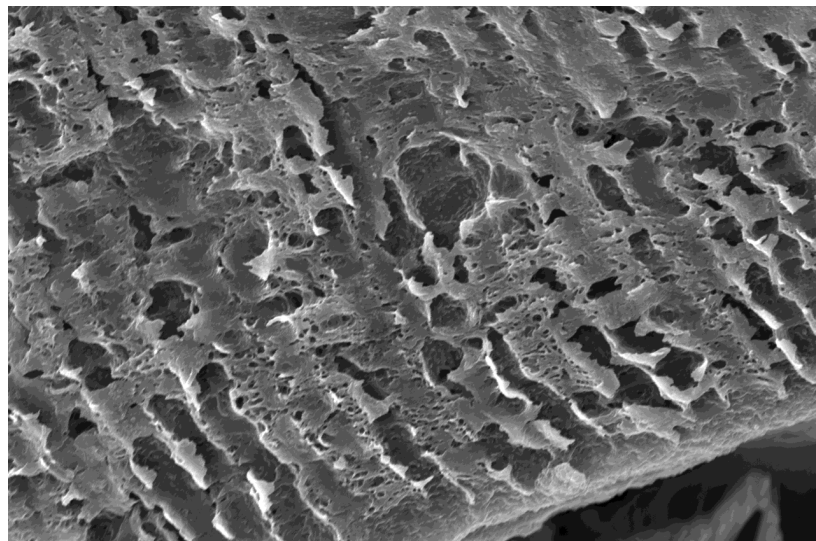


Fig. 23. *Túbulos con paredes horadadas y signos de cavitación*

- **Túbulos ensanchados de forma irregular:** los túbulos rectilíneos se observan irregulares, con indentaciones marcadas en la periferia con un diámetro superior 4-10 veces el del túbulo normal (**Fig. 22 y 23**).

- **Destrucción de túbulos con formación de lagunas:** la destrucción de la pared del túbulo origina extensos espacios en forma de laguna, debido a la confluencia de la luz de varios túbulos dentinarios (**Fig. 24 y 25**).



Fig. 24. *Cavitaciones de los túbulos dentinarios*

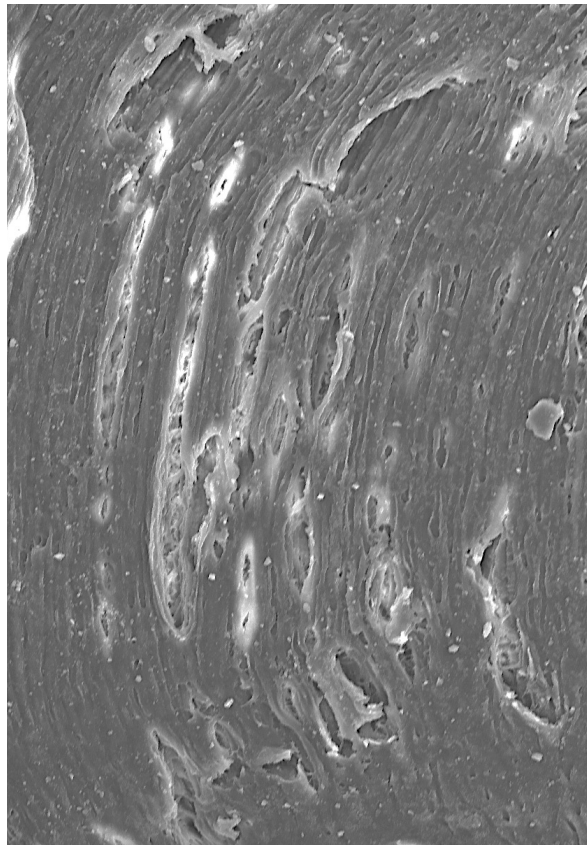


Fig. 25. *Cavitaciones de los túbulos dentinario*

En ocasiones, se observan cavitaciones horizontales, perpendiculares a los túbulos dentinarios (**Fig. 26, 27 y 28**), probablemente debidos a la invasión de las bacterias a través de los tubulillos intertubulares o a las zonas de menos mineralización como son las “líneas de Owen”.

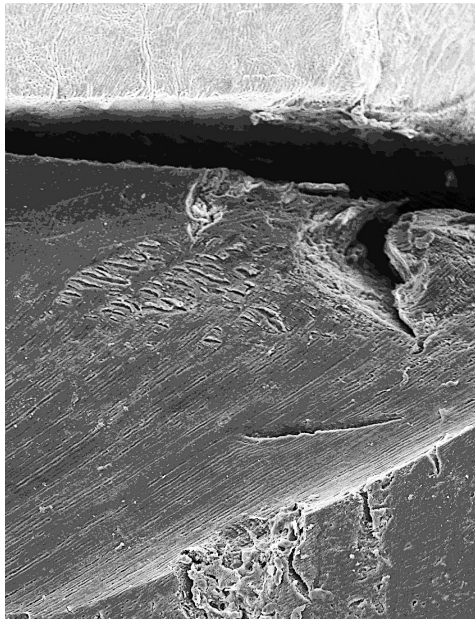


Fig. 26. *Cavitaciones perpendiculares
a los túbulos dentinarios*

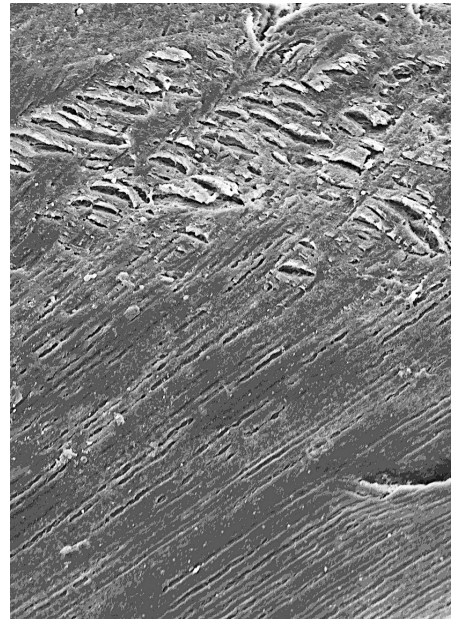


Fig. 27. *Cavitaciones perpendiculares
a los túbulos dentinarios*

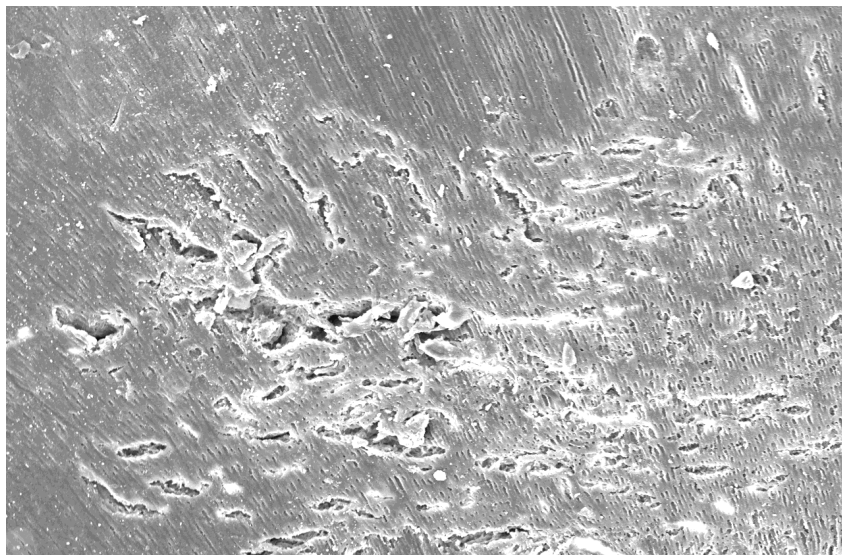


Fig. 28. *Cavitaciones perpendiculares a los túbulos dentinarios*

- **Dentina peritubular:** esta dentina es de mayor espesor en el límite amelo-dentinario (**Fig. 7, 12-14, 21**) y menor en la dentina circumpulpar (**Fig. 8, 9**) y en el proceso de caries es destruida por la acción de los ácidos.
- **Dentina esclerótica:** la formación excesiva de la dentina peritubular llega a cerrar parcial o totalmente el túbulo dentinario (**Fig. 29 y 30**).

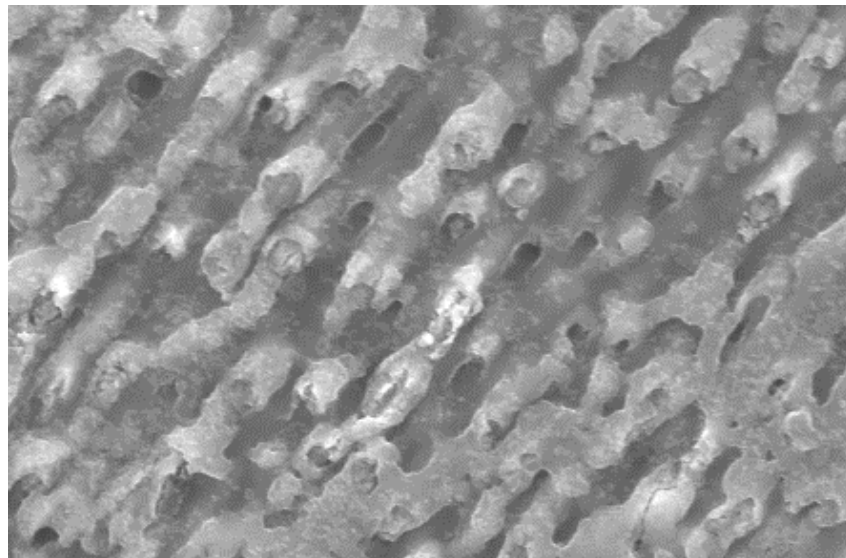


Fig. 29. *Cierre del túbulo total o parcial con dentina esclerótica*

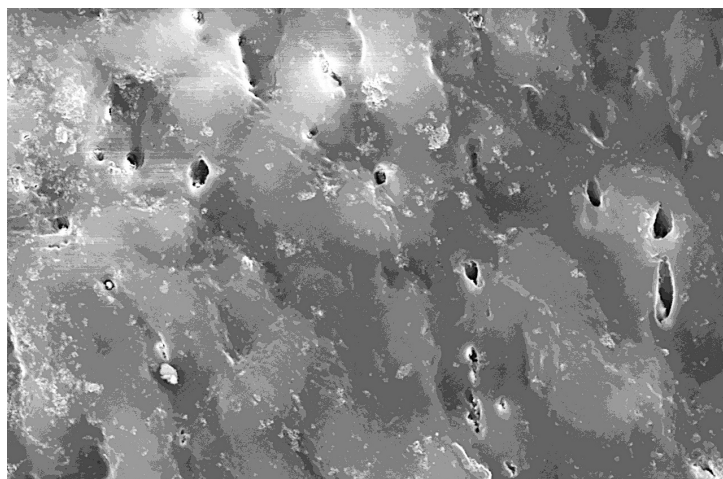


Fig. 30. *Cierre del túbulo total o parcial con dentina esclerótica*

En una vista panorámica de un corte de un diente con caries dentinaria (**Fig.31**), se distingue perfectamente la diferencia entre una dentina normal o profunda desmineralizada de una dentina esclerótica (**Fig. 31 y 32**).

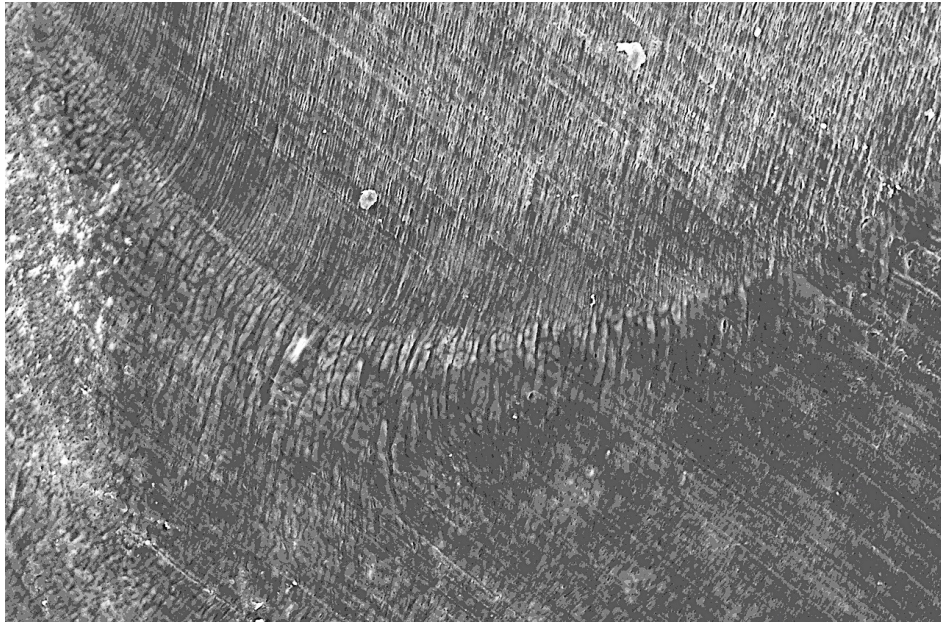


Fig. 31. *Zona de transición de la dentina normal o desmineralizada profunda de la esclerótica.*

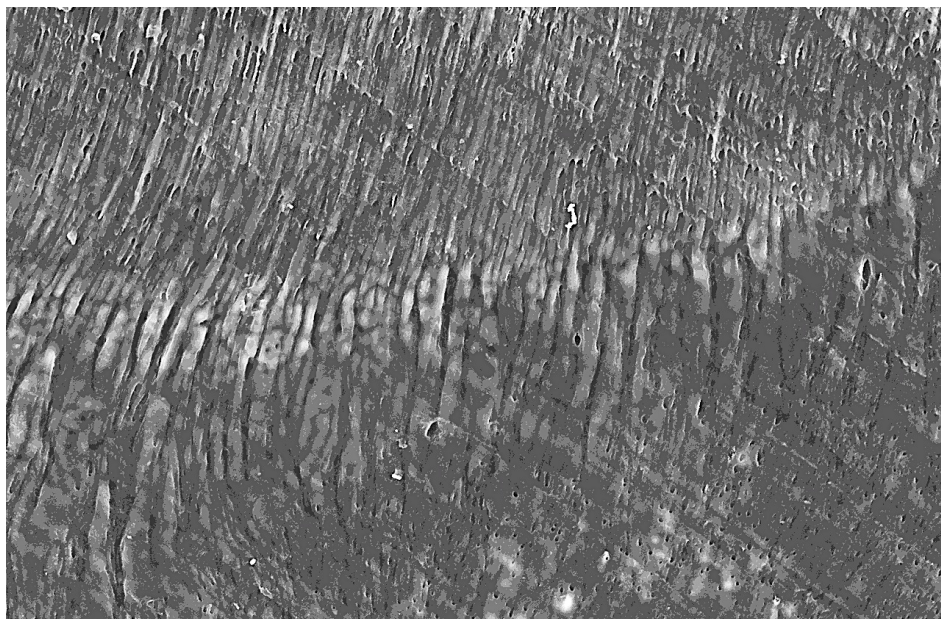


Fig.32. *Zona de transición de la dentina normal o desmineralizada profunda de la esclerótica.*

- **Cristales de Whitlockita:** el desplazamiento de iones calcio y fosfato resultantes de la desmineralización de la dentina se vehiculiza hacia la luz del túbulo dentinario donde precipitan formando grandes cristales e irregulares, que cierran parcial o totalmente la luz del túbulo dentinario (**Fig. 33 y 34**)

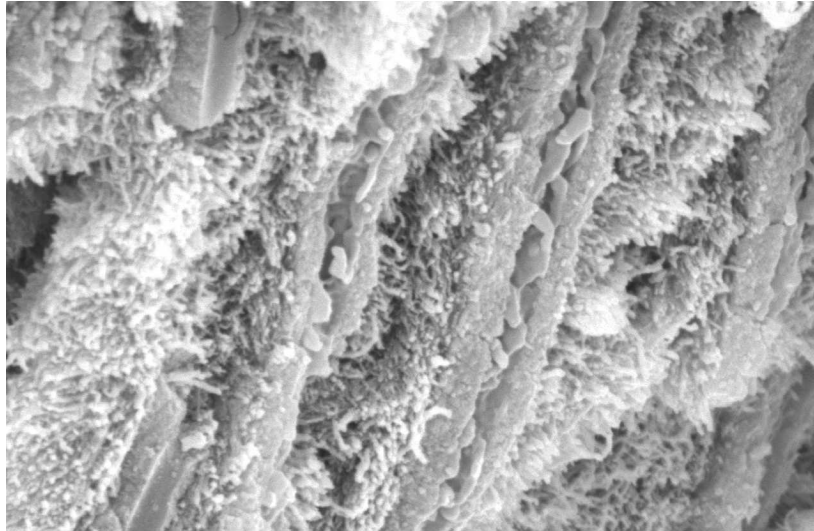


Fig. 33. *Cristales de Whitlockita en el interior de los túbulos dentinarios*

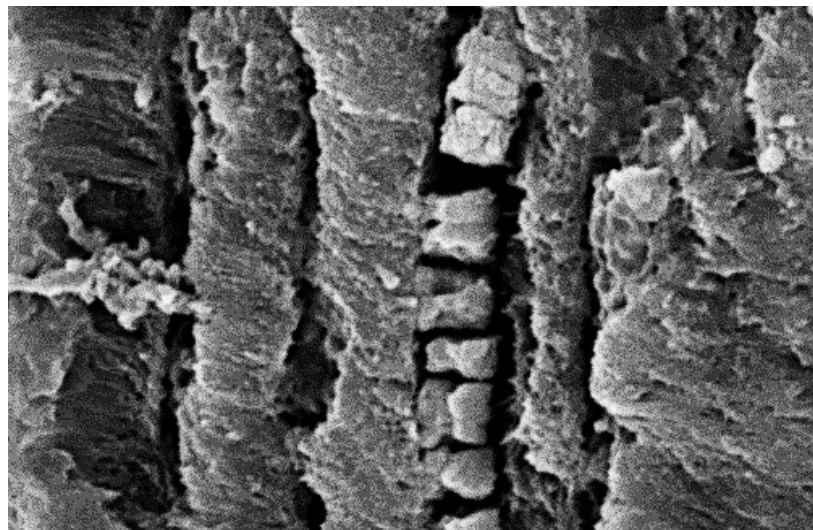


Fig. 34. *Cristales de Whitlockita en el interior de los túbulos dentinarios*

2. DENTINA INTERTUBULAR

- **Normal:** la dentina normal es densa, no distinguiéndose con facilidad el material inorgánico (cristales de hidroxipatita) del orgánico (fibras colágenas) (Fig.7, 8,12).
- **Exposición de las fibras colágenas:** en el proceso de caries se pueden observar las fibras colágenas de una forma muy evidente, con una marcada disminución de la materia inorgánica (Fig.13, 14, 21, 33 y 35) .

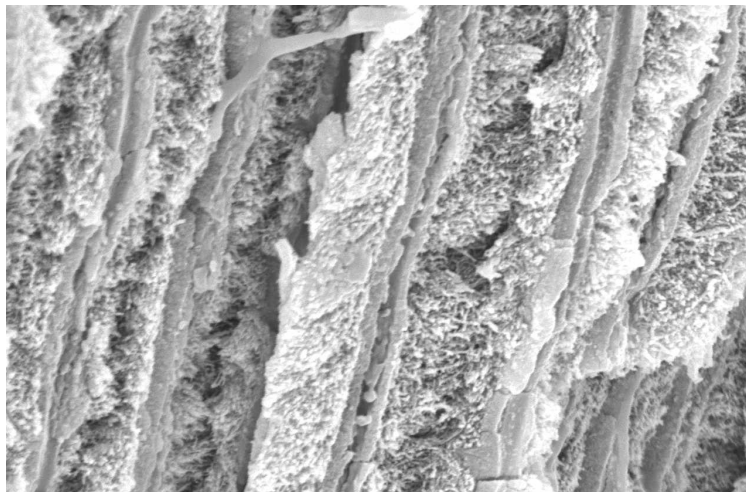


Fig. 35. *Dentina intertubular con exposición de fibras colágenas*

- **Destrucción con formación de lagunas:** en la evolución del proceso de desmineralización y destrucción de la dentina intertubular se forman lagunas (Fig. 36).

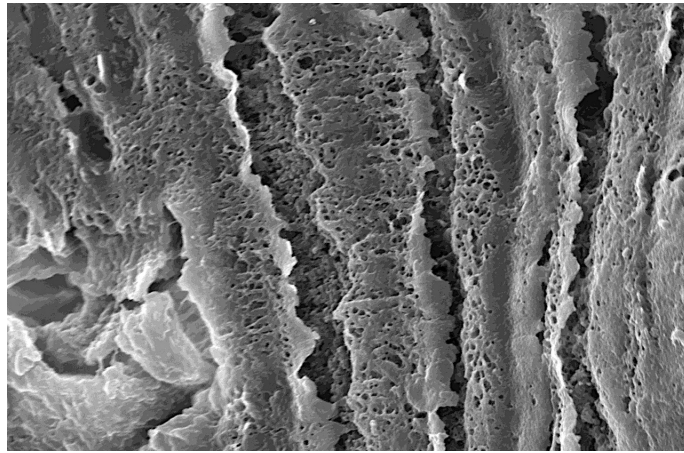


Fig. 36. *Formación de lagunas en la dentina intertubular*

- **Bacterias:** las bacterias que proliferan en el túbulo dentinario pueden sobrepasarlo y alcanzar la dentina intertubular (**Fig. 37**)

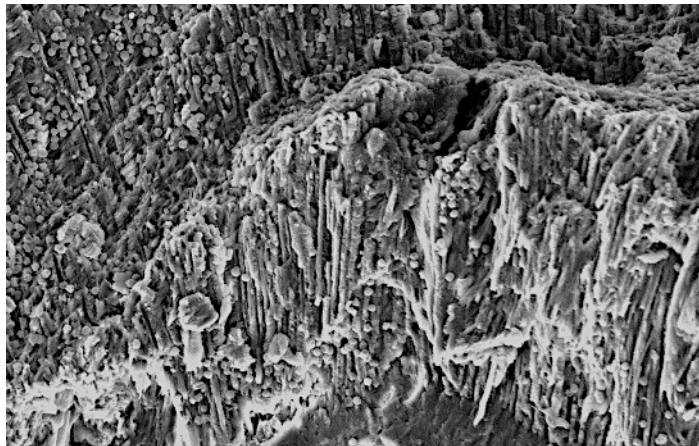


Fig. 37. *Bacterias en dentina intertubular*

3. DENTINA SECUNDARIA REPARATIVA O TERCIARIA

La formación de dentina secundaria reparativa o terciaria, se observa como una última capa de la caries dentinaria en relación íntima con la cámara pulpar, ya

que se desarrolla en la pared de la misma y creciendo hacia su interior (**Fig. 38**), siempre y cuando hayan sobrevivido los dentinoblastos a la agresión.

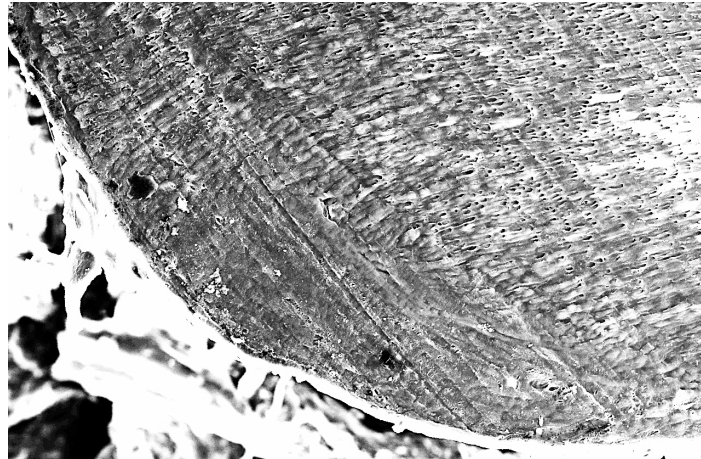


Fig. 38. *Dentina secundaria reparativa o terciaria*

Esta dentina secundaria reparativa o terciaria, se caracteriza por un menor número de túbulos dentinarios, de un diámetro menor y de distribución tortuosa, estando en ocasiones asociados con dentina esclerótica (**Fig. 39**).

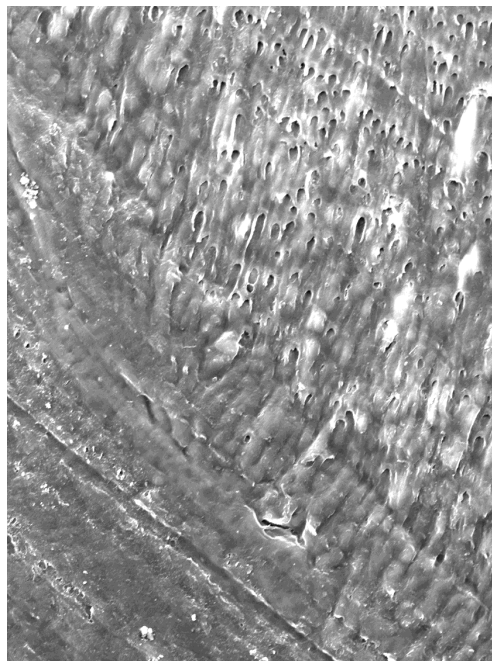


Fig. 39. *Dentina secundaria reparativa o terciaria*

En ocasiones, la ausencia de dentinoblastos hace que esta dentina no se forme, ni tampoco la predentina, observándose en esta zona directamente los túbulos vacíos (**Fig. 40 y 41**).

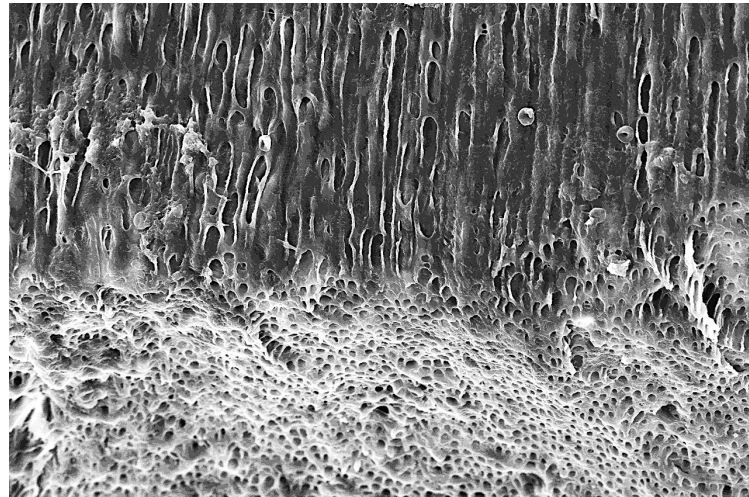


Fig. 40. *Ausencia de dentinoblastos y de dentina secundaria reparativa o terciaria*

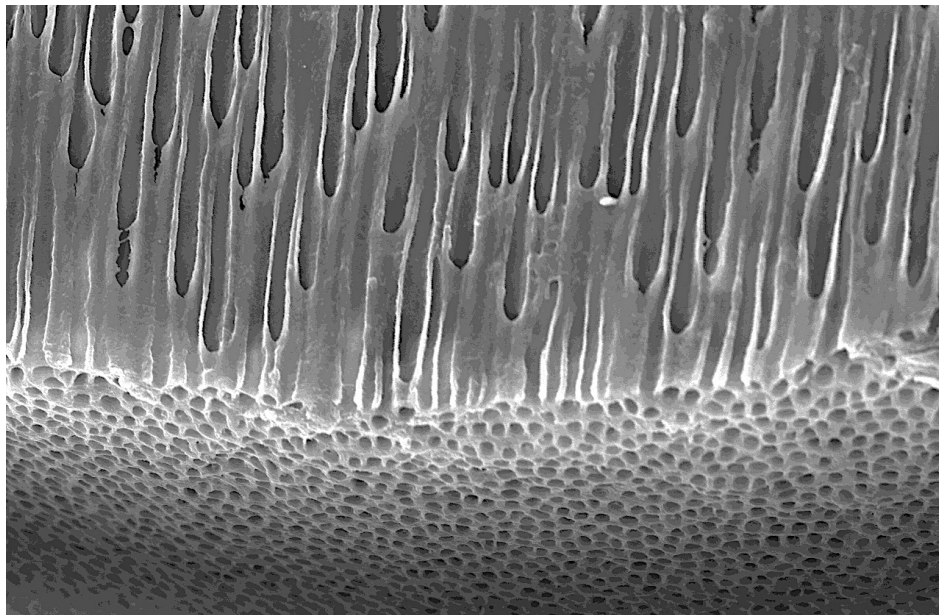


Fig. 41. *Ausencia de dentinoblastos y de dentina secundaria reparativa o terciaria*

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A)JUSTIFICACIÓN

La caries dentinaria se observa desde los primeros estadios de la caries de esmalte, pero pasando en numerosas ocasiones inadvertida. Los mecanismos defensivos que se establecen en la dentina son cambios propios de la caries dentinaria, pero que no son considerados como lesiones de caries por muchos profesionales, pero que en realidad lo son, y ello puede inducir a tratamientos incorrectos. Por todo esto, para poder establecer un correcto tratamiento, es fundamental conocer con detalle las características morfológicas de la dentina y sus modificaciones en condiciones patológicas, como la caries, ya que condicionarán el tratamiento a realizar.

La Microscopía Electrónica de Barrido ofrece un método de estudio fácil y permite observar los cambios que se producen en la caries dentinaria, correlacionándolas con las imágenes macroscópicas que se obtienen al cortar un diente o al hacer una preparación cavitaria.

B)HIPÓTESIS

- **HIPÓTESIS DEL ESTUDIO:**

Las lesiones que se producen en cada capa de la caries dentinaria son específicas de dicha capa.

- **HIPÓTESIS NULA DEL ESTUDIO:**

Las lesiones que se producen en cada capa de la caries dentinaria no son específicas de dicha capa.

C) OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Establecer las lesiones existentes en las diferentes capas de la caries dentinaria para tener un más claro conocimiento de la caries a este nivel y poder establecer unos criterios terapéuticos más adecuados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A) MATERIALES

1. DIENTES

Se seleccionaron para este estudio 20 dientes del sector posterior, recién extraídos conservados en formol al 15%, con caries en superficie oclusal y/o proximal indistintamente, analizándose un total de 30 superficies. Las lesiones podían estar cavitadas o no, pero radiológicamente tenían que mostrar una radiolucidez dentinaria.

De las lesiones estudiadas, 14 afectaban a la superficie ocluso-proximal, 6 a la superficie oclusal, 5 a la superficie mesial, y 5 a la superficie distal. De estas lesiones 8 eran no cavitadas y 22 cavitadas.

2. APARATAJE PARA EL DIAGNÓSTICO

a) Lupa esteroscópica (Fig.42)

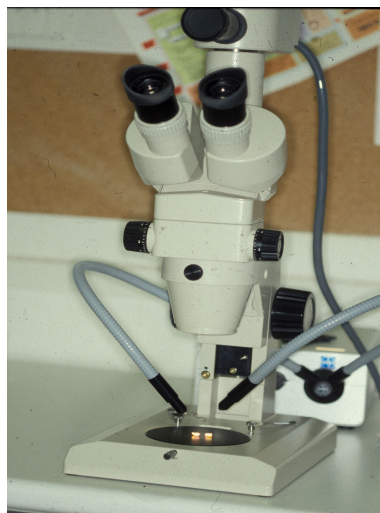


Fig. 42. *Lupa esteroscópica*

b) KavoDIAGNOdent (Fig. 43)



Fig. 43. *KavoDIAGNOdent*

b) Vistaproof (Fig. 44)

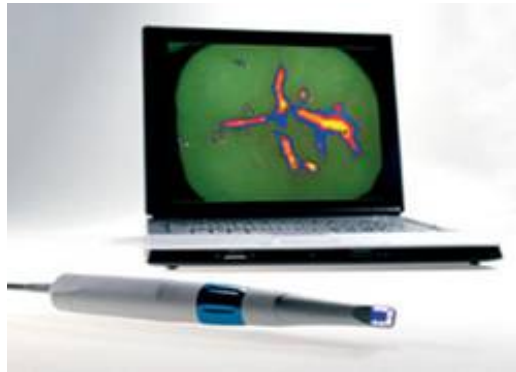


Fig. 44. *Vistaproof*

c) Radiología (Fig. 45)



Fig. 45. *Aparato de radiología*

3. MATERIAL DE CORTE

a) Pieza de mano (Fig. 46)



Fig. 46. *Pieza de mano*

b) Disco de diamante y mandril (Fig. 47)



Fig. 47. *Disco de diamante y mandril*

4. MATERIAL PARA LA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

a) **Separador de Ivory (Fig. 48).**

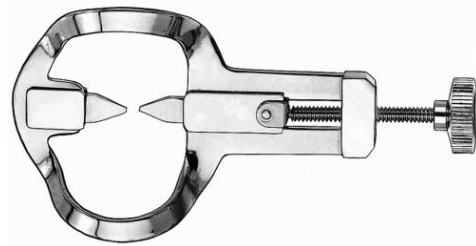


Fig. 48. *Separador de Ivory*

b) **Mordaza (Fig. 49).**



Fig. 49. *Mordaza*

c) **Ácido ortofosfórico al 32% (Fig. 50):** para la eliminación del barrillo dentinario producido por el corte.



Fig. 50. *Ácido Ortofosfórico*

d) **Agua destilada:** para irrigación y lavado de las muestras.

5. CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS CORTADAS

a) **Envases de plástico con cierre hermético (Fig. 51):** para la conservación de las muestras después del corte, antes, durante y después de la observación con M.E.B.



Fig. 51. *Envases de plástico*

b) **Cloruro cálcico :** para absorción de agua y eliminación de humedad (**Fig. 52**).



Fig. 52. *Cloruro cálcico*

6. METALIZADORA SCAN COAT EDWARDS E09601000 (Fig.39)

Para metalizar los dientes para el estudio con MEB



Fig. 53. Metalizadora

7. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO JEOL JSM-6460 LV (Fig. 54)

Para la observación de las muestras.

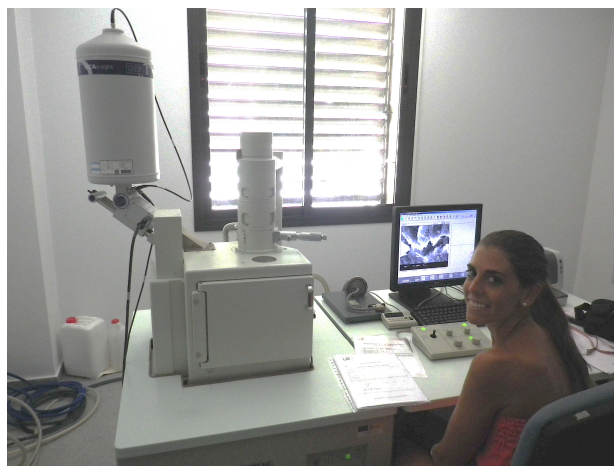


Fig. 54. Microscopio Electrónico de Barrido

8. ORDENADOR (MACBOOK PRO 13'') (Fig. 55)

Para la observación y análisis de las imágenes obtenidas con MEB.

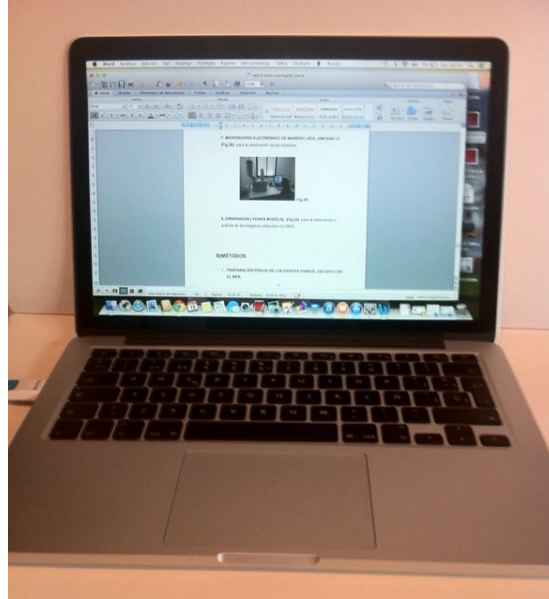


Fig. 55. Ordenador (Mac Book Proo 13")

B) MÉTODOS

1. PREPARACIÓN PREVIA DE LOS DIENTES PARA EL ESTUDIO CON EL MEB

En todos los dientes se siguió el siguiente protocolo:

- a) Exploración externa del diente:** Determinando la localización de la lesión y la existencia de cavitación o no del esmalte. Se anotarán los datos con las siguientes siglas:
- **Localización:** oclusal (**O**), oclusoproximal (**OP**), distal (**D**), mesial (**M**).
 - **La no existencia de cavitación:**

- Normal **(N)**.
- Surco manchado: negro **(SN)**, pardo **(SP)**, blanco **(SB)**.
- Superficie del esmalte: mancha blanca **(B)**, mancha parda **(P)**.
- **Cavitación :**
 - En esmalte **(E)**.
 - En dentina **(D)**.
 - Existencia en superficie de un tejido dentinario necrótico **(DN)**.
 - Existencia en superficie de un tejido dentinario pardo-negruzco mineralizado **(DM)**.

b) Determinación previa del grado de extensión de la caries dentinaria :
se realizará con dos métodos :

- **KavoDIAGNOdent:** sistema de detección de caries por láser que permite cuantificar el nivel de profundidad de la lesión (**Fig. 43**) Se anotarán las diferentes exploraciones del surco con dos dígitos anotándose el de mayor valor de los datos obtenidos, siguiendo los criterios previamente establecidos por otros autores ⁽⁵⁰⁾.

VALORES DEL KavoDIAGNOdent EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS, SURCOS Y FISURAS (LLAMAS y cols, 2001)		
SECO	HÚMEDA	EXTENSIÓN DE LA LESIÓN
0-6	5-10	Libre de caries
7-11	13-20	Caries de esmalte superficial
14-24	21-31	Caries de esmalte profundo
25-36	32-42	Caries de dentina superficial
37-58	43-68	Caries de dentina profunda
99	99	No valorable por presencia de tártaro.

- **Vistaproof:** sistema de detección de caries por láser que permite cuantificar el nivel de profundidad de la caries (**Fig. 44**). Se anotarán las diferentes exploraciones del surco con dos dígitos anotándose el de mayor valor de los datos obtenidos, siguiendo los criterios previamente establecidos por otros autores (Vistaproof, Dür Dental) ^(54,59)

VALORES DEL VISTAPROOF EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS , SURCOS Y FISURAS		
COLOR	PROFUNDIDAD EN mm	EXTENSIÓN DE LA LESIÓN
Azul	1.0-1.5	Caries de esmalte superficial
Rojo	1.5-2.0	Caries de esmalte profundo
Naranja	2.0-2.5	Caries de dentina superficial
Amarillo	2.5-3.0	Caries de dentina profunda

- **Mediante estudio radiográfico (Fig. 45):** observando la existencia de una radiolucidez en dentina , anotándose en grados de 0 a 4 según la profundidad ⁽⁵⁵⁾ .

VALORES DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA EN LA EXPLORACIÓN DE CARIES DE FOSAS, SURCOS Y FISURAS.				
NORMAL	CARIES EN ESMALTE SUPERFICIAL	CARIES EN ESMALTE PROFUNDO	CARIES EN DENTINA SUPERFICIAL	CARIES EN DENTINA PROFUNDA
R0	R1	R2	R3	R4

- c) Fractura del diente:** para una correcta valoración de las muestras lo ideal sería observarlas sin ningún tipo de manipulación, realizando una fractura limpia. Por este motivo se procedió a la realización de esta fractura limpia de dos formas distintas:

- **Dientes con caries en la superficie oclusal:** se hicieron dos ranuras en las superficies proximales del diente, en las que se introducían las lengüetas de presión del separador de Ivory (**Fig. 48**) que se va cerrando lentamente hasta que el diente se fractura.

- **Dientes con caries en la superficie proximal:** se realizó una ranura profunda en la superficie proximal que no se vaya a estudiar. Se sujeta el diente en una mordaza (**Fig. 49**), se incide en la misma con un instrumento punzante y sobre este se da un fuerte golpe que facilite la fractura.

Pero, con este sistema de producir fracturas, pudimos observar una vez analizadas las muestras con MEB que la visualización detallada de las mismas era bastante difícil, ya que la presencia de artefactos y las irregularidades en la superficie dificultaban una metalización homogénea de la muestra y su visualización (**Fig.56 y 57**) .

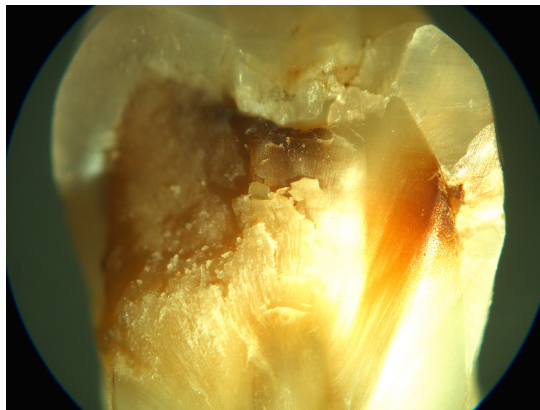


Fig. 56. *Fractura limpia del diente con caries dentinaria*

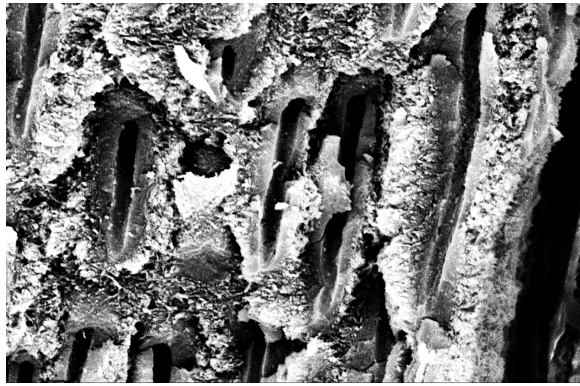


Fig. 57. *Superficie de fractura, con irregularidades al M.E.B*

Por este motivo se decidió realizar un corte de los dientes usando un disco de diamante (**Fig. 47**)

- **Corte con disco de diamante:** el diente se colocó en una mordaza (**Fig. 35**) y con un disco de diamante de la Casa Komet (**Fig. 47**), se cortaron los dientes en sentido mesio-distal (**Fig. 58**).

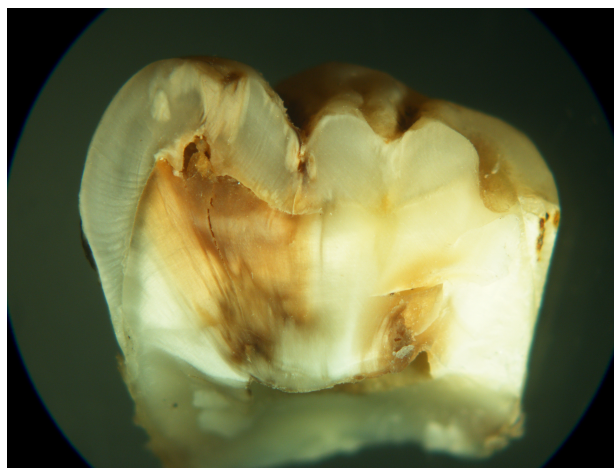


Fig. 58. *Corte del diente con disco de diamante*

Esta forma de preparación condiciona la formación de un barrillo que fue necesario eliminar, con un leve grabado ácido (**Fig. 50**) e intenso lavado posterior con agua destilada a presión.

d) **Grabado con ácido ortofosfórico y lavado de la muestra:** tras el corte se realizó el grabado de las muestras durante 10 segundos (**Fig. 59**) con un posterior lavado de los dientes, con agua destilada a presión, lo que permitió la eliminación del barrillo dentinario y los posibles restos de tejidos, lo que facilitaría una mejor metalización y estudio posterior.



Fig. 59. *Grabado de los dientes con un gel de ácido ortofosfórico*

El lavado debe ser intenso y profuso para eliminar los cristales de fosfato cálcico que puedan precipitar sobre la superficie del diente (**Fig. 60 y 61**).



Fig. 60. *Cristales post-grabado y lavado en la superficie del diente*

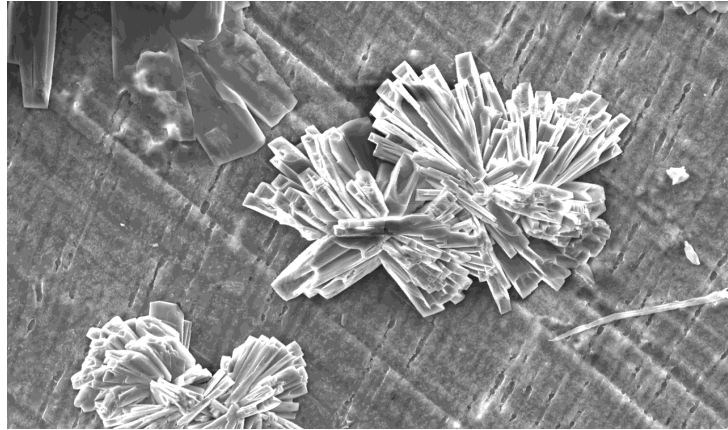


Fig. 61. *Cristales post-grabado y lavado en la superficie del diente
(detalle a gran aumento de la figura anterior)*

Las alteraciones que el ácido pudiera producir en la estructura de la dentina son mínimas debido al corto tiempo de actuación pero han de tenerse en consideración a la hora de la valoración de las muestras.

e) Determinación de la extensión de la lesión al corte: una vez cortados los dientes se establecerá el grado de extensión de las lesiones con las siguientes siglas (**Fig. 48**):

- normal (N)
- esmalte superficial (S)
- esmalte profundo (E)
- dentina superficial (dentina infectada): dentina necrótica (N) y dentina superficial desmineralizada (D1)
- dentina profunda (dentina afectada): dentina profunda desmineralizada (D2), dentina esclerótica (DE).
- dentina secundaria reparativa o terciaria (DT).

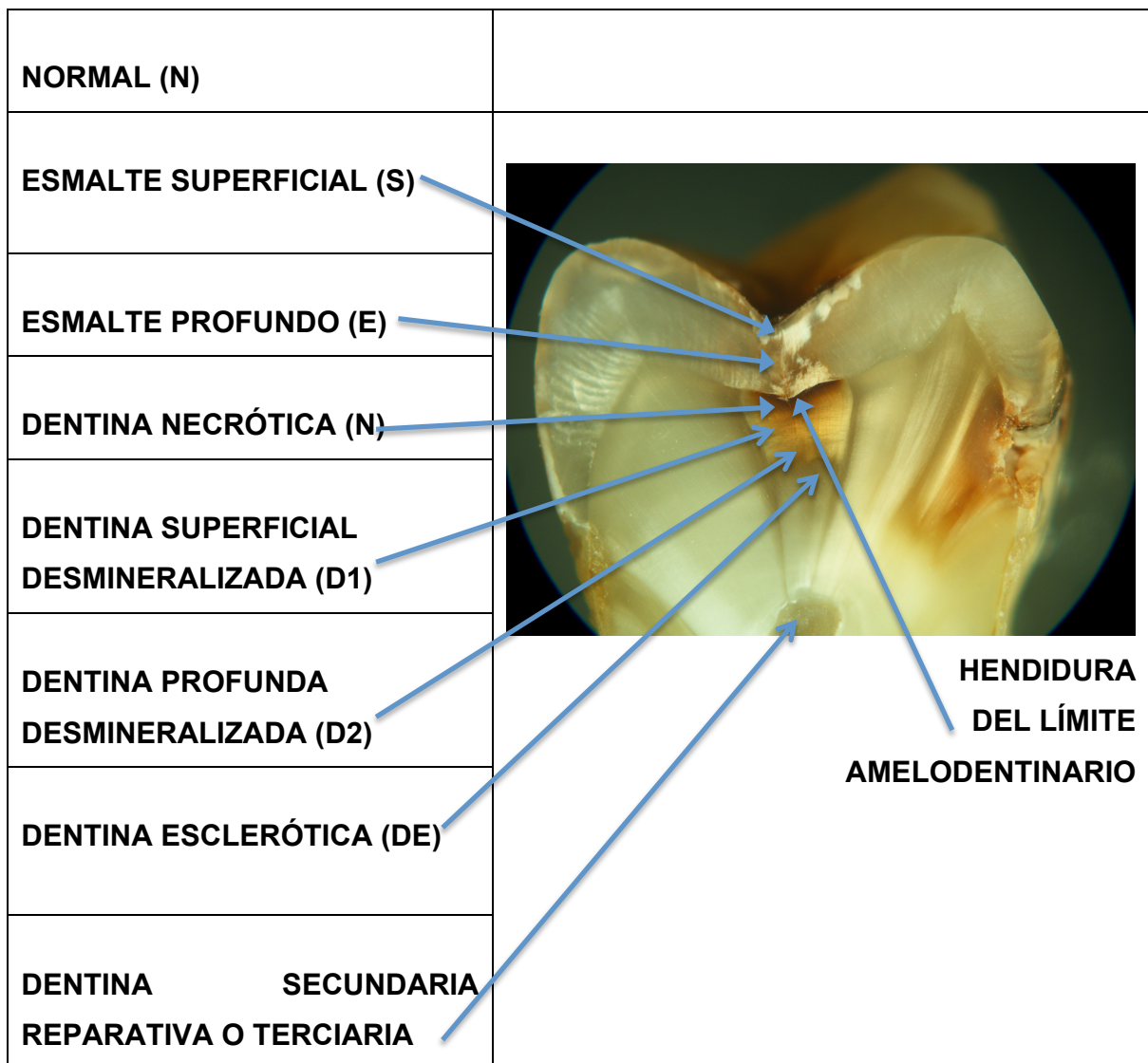


Fig. 62. Grados de extensión de la lesión de caries de esmalte y dentina

Al mismo tiempo, se analizará la existencia de la hendidura en el límite amelodentinario , constatándose : si (+), no (-) **(Fig. 62).**

- f) **Secado de la muestra:** una vez sometida las muestras a la acción del ácido ortofosfórico y al lavado, se secaron completamente evitándose así alteraciones en el proceso de metalización, ya que un exceso de humedad en las mismas puede hacer que se alarguen los tiempos de dicho

procedimiento o que la metalización no sea homogénea en toda la superficie.

Para conseguir un mejor resultado de secado, las muestras, una vez grabadas y lavadas, se dejaron durante 7 días secándose en recipientes individuales que contenían cloruro cálcico, para absorber la humedad remanente. Estos recipientes individuales de plástico se prepararon de la siguiente forma: en el fondo de los mismos, se puso el cloruro cálcico, encima de él pero no en contacto se colocó una plataforma de plástico perforada, sobre la que se ubicaría el diente, evitándose de esta forma un contacto directo de la muestra con el cloruro cálcico (**Fig. 63 y 64**).

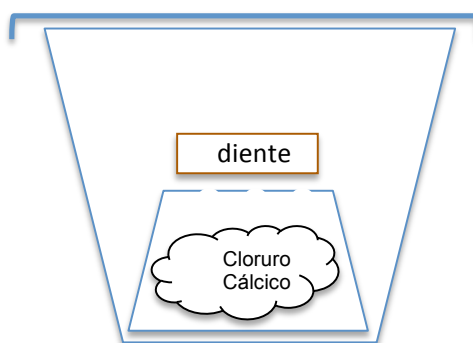


Fig. 63. *Dibujo del recipiente para el secado de la muestra*



Fig. 64. *Recipiente para el secado de la muestra, abierto*

g) Metalización de los dientes: para la correcta observación de los dientes estos se deben cubrir con una capa delgada de metal como el oro o una capa de carbono. Esta se realizó con la metalizadora SCAN COAT EDWARDS E09601000 (**Fig. 53**), que cubrió las muestras de una fina capa de oro (**Fig. 65**).



Fig. 65. *Dientes metalizados*

2. OBSERVACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS DIENTES CON MEB

Los dientes fueron analizados con un Microscopio Electrónico de Barrido JEOL JSM-6460 LV Scanning Electron Microscope (**Fig. 54**), y valorados por dos observadores.

- a) **Procedimiento del análisis** : en todas las muestras se siguió el mismo procedimiento :
- En caries no cavitadas : el análisis se realizó desde el límite amelo-dentinario hasta la cámara pulpar.

- En caries cavitadas : Desde la superficie externa de la cavitación hasta la cámara pulpar.
- En todos los casos se analizaron un mínimo de 10 campos a gran aumento (10 μ m) por cada una de las capas existentes de la caries dentinaria (**Fig. 66**).

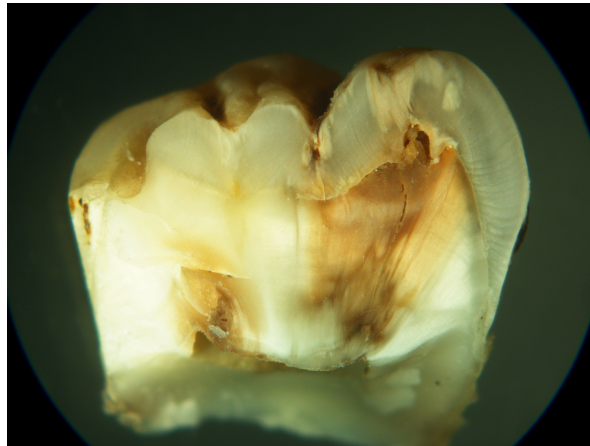


Fig. 66. Corte del diente con amplia caries dentinaria

- **Dentina infectada :**
 - Zona necrótica.
 - Zona de dentina superficial desmineralizada.
- **Dentina afectada :**
 - Zona de dentina profunda desmineralizada.
 - Zona de dentina hipermineralizada :
 - * Dentina esclerótica.
 - * Dentina secundaria reparativa o terciaria.

b) **Parámetros a valorar:** se valoraron los siguientes parámetros en las diferentes zonas de la caries dentinaria (**TABLA 1,2,3,4 y 5**)

- **Túbulos dentinarios :**
 - Túbulos rectos: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Túbulos tortuosos: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Existencia de dentinoblastos: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Túbulos vacíos: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Existencia de bacterias: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Túbulos ensanchados: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Túbulos horadados: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Túbulos unidos: se constató su existencia (+) o no (-).

- **Dentina hipermineralizada:**
 - Dentina esclerótica: se constató su existencia (+) o no (-).
 - Cristales de Whitlockita: se constató su existencia (+) o no (-).

- **Dentina intertubular :**
 - No cavitada : no existencia (-), normal (N), desmineralizada (D), mineralizada (M).
 - Cavitada: si (+), no (-).
 - Con bacterias: se constató su existencia (+) o no (-).

En los casos en los que no existía la capa dentinaria se constató con el epígrafe : “no existe”.

TABLA 1a. ANÁLISIS AL MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA NECRÓTICA (n=30)

Caso n°	1 (83)	2 (84)	3 (84)	4 (84)	5 (81)	6 (81)	7 (70)	8 (70)	9 (52)	10 (52)	11 (88)	12 (88)
ZONA NECRÓTICA	TUBULOS	Rectos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	NO EXISTE
		Tortuosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Dentinoblastos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Vacíos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Bacterias	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
		Ensanchados	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Horadados	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Unidos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Esclerótica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Cristales de Whitlockita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Dentina Hipermineralizada	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	-	-	-	-	-	-	D	D	D	
	Dentina Intertubular	Cavitada	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		Con bacterias	-	-	-	-	-	-	-	+	+	

TABLA 1b ANÁLISIS AL MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA NECRÓTICA (n=30)

Caso nº		13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)
ZONA NECRÓTICA	TUBULOS	Rectos	+	+	+	NO EXISTE	+	+	+	+	+	+	+
		Tortuosos	-	-	-		-	-	-	-	+	-	-
		Dentinoblastos	-	-	-		-	-	-	-	+	-	-
		Vacios	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
		Bacterias	-	-	-		+	-	-	-	+	-	-
		Ensanchados	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
		Horadados	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
		Unidos	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
	Dentina Hipermineralizada	Esclerótica	-	-	-	NO EXISTE	-	-	-	-	-	-	-
		Cristales de Whitlockita	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	-	-	-	NO EXISTE	-	-	-	-	-	-	-
			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
			-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
			Con bacterias	-	-		-	-	-	-	+	-	-

TABLA 1c ANÁLISIS AL MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA NECRÓTICA (n=30)

Caso n°		25 (72)	26 (72)	27 (83)	28 (83)	29 (83)	30 (56)								
ZONA NECRÓTICA	TÚBULOS	Rectos	+	+	NO EXISTE		+								
		Tortuosos	-	-	NO EXISTE		-								
		Dentinoblastos	-	-	NO EXISTE		-								
		Vacios	+	+	NO EXISTE		+								
		Bacterias	+	-	NO EXISTE		-								
		Ensanchados	+	+	NO EXISTE		+								
		Horadados	+	+	NO EXISTE		+								
		Unidos	+	+	NO EXISTE		+								
		Esclerótica	-	-	NO EXISTE		-								
		Cristales de Whitlockita	-	-	NO EXISTE		-								
	Dentina Hipermineralizada	Normal/Desmineralizada/Mineralizada		-	NO EXISTE		-								
		Cavitada		+	NO EXISTE		+								
		Con bacterias		+	NO EXISTE		-								
		Dentina Inter tubular		-	NO EXISTE		-								

TABLA 2a ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA (n=30)														
Caso nºº		1 (83)	2 (84)	3 (84)	4 (84)	5 (81)	6 (81)	7 (70)	8 (70)	9 (52)	10 (52)	11 (88)	12 (88)	
ZONA SUPERF. DESMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos	+		+	+		+		+	+	+		
		Tortuosos	-		-	-	-	-		-	-	-		
		Dentinoblastos	-		-	-	-	-		-	-	-	+	
		Vacios	+		+	+	+	+		+	+	+	+	
		Bacterias	-		-	-	-	-		-	-	-	-	
		Ensanchados	+		+	+	+	+		+	+	+	+	
		Horadados	+		+	+	+	+		+	+	+	+	
		Unidos	+	NO EXISTE	+	+	+	NO EXISTE	+	NO EXISTE	+	+	-	NO EXISTE
		Esclerótica	-		-	-	-	-		-	-	-	-	
		Cristales de Whitlockita	-		-	-	-	-		-	-	-	-	
	Dentina Hipermineralizada	Normal/ Desmineralizada /Mineralizada	N		N	N	N	N		D	D	D		
	Dentina Intertubular	Cavitada	+		+	+	+	-		+	+	-		
		Con bacterias	-		-	-	-	-		-	-	-		

TABLA 2b ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA (n=30)																		
Caso nº					13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)		
ZONA SUPERF. DESMINERALIZADA.	TÚBULOS	Rectos	+	+	+	NO EXISTE	+	+	+	+	NO EXISTE	+	+	+	+	+		
		Tortuosos	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-			
		Dentinoblastos	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-			
		Vacios	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+			
		Bacterias	-	-	-		-	-	+	-		+	-	+	-			
		Ensanchados	-	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+			
		Horadados	-	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+			
		Unidos	-	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+			
		Esclerótica	-	-	-		NO EXISTE	-	-	-		-	-	-	-	-		
		Cristales de Whitlockita	-	-	-			-	-	-		-	-	-	-	-		
	Dentina Hipermineralizada					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Dentina Intertubular	Normal/ Desmineralizada/Mineralizada	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	+	+	+	
		Cavitada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Con bacterias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

TABLA 2c ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA (n=30)												
Caso n°		25 (72)	26 (72)	27 (83)	28 (83)	29 (83)	30 (56)					
ZONA SUPERF. DESMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos	+	+	+	+						
		Tortuosos	-	-	-	-						
		Dentinoblastos	-	-	-	-						
		Vacios	+	+	+	+						
		Bacterias	+	+	-							
		Ensanchados	+	+	+	+						
		Horadados	+	+	+							
		Unidos	+	+	+							
		Esclerótica	-	-	-							
		Cristales de Whitlockita	-	-	-							
	Dentina Hipermineralizada	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	N	N	-							
	Dentina Intertubular	Cavitada	-	-	+							
		Con bacterias	+	+	-							

TABLA 3a ANALISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA PROFUNDA DESMINERALIZADA (n=30)

Caso n°	1 (83)	2 (84)	3 (84)	4 (84)	5 (81)	6 (81)	7 (70)	8 (70)	9 (52)	10 (52)	11 (88)	12 (88)	
ZONA PROFUN. DESMINERALIZADA	TUBULOS	Rectos	+								+		
		Tortuosos	-									-	
		Dentinoblastos	-									+	
		Vacios	+									+	
		Bacterias	-									-	
		Ensanchados	+									+	
	Hipermineralizada	Horadados	+									+	
		Unidos	-									+	
		Esclerótica	-									+	
		Cristales de Whitlockita	-									+	
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	N									N	
		Cavitada	-									-	
		Con bacterias	-									-	

TABLA 3b ANALISIS CON MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA PROFUNDA DESMINERALIZADA (n=30)

Caso n°												
	13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)
ZONA PROFUN. DESMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Tortuosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Dentinoblastos	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
		Vacios	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Bacterias	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
		Ensanchados	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+
		Horadados	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+
		Unidos	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
		Esclerótica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Cristales de Whitlockita	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	Dentina Hipermineralizada	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	N	-	-	N	N	N	N	N	N	N
	Dentina Intertubular	Cavitada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Con bacterias	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	NO EXISTE											

TABLA 3c ANALISIS CON MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA PROFUNDA DESMINERALIZADA (n=30)												
Caso n°			25	26	27	28	29	30				
			(72)	(72)	(83)	(83)	(83)	(56)				
ZONA PROFUN. DESMINERALIZADA	TUBULOS	Rectos	+	+								
		Tortuosos	-	-								
		Dentinoblastos	-	-								
		Vacios	+	+								
		Bacterias	+	+								
		Ensanchados	+	+								
		Horadados	+	+								
		Unidos	-	-								
		Esclerótica	-	-								
		Cristales de Whitlockita	+	+								
	Dentina Hipermineralizada				NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE				
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	N	N								
		Cavitada	-	-								
		Con bacterias	+	+								

TABLA 4a ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA (n=30)														
Caso nº		1 (83)	2 (84)	3 (84)	4 (84)	5 (81)	6 (81)	7 (70)	8 (70)	9 (52)	10 (52)	11 (88)	12 (88)	
ZONA HIPERMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos	+	+	+	+	+					+	+	
		Tortuosos	-	-	-	-	-	-					-	-
		Dentinoblastos	-	+	+	-	-	-					+	-
		Vacios	+	+	+	+	+	+					+	+
		Bacterias	-	-	-	-	-	-					-	-
		Ensanchados	-	-	-	-	-	-					-	-
		Horadados	-	-	-	-	-	-					-	-
		Unidos	-	-	-	-	-	-					-	-
		Esclerótica	+	+	+	+	+	+					+	+
		Dentina Hipermineralizada	Cristales de Whitlockita	-	-	-	-	-	-					-
	Dentina Intertubular		Normal/ Desmineralizada/ Mineralizada	M	M	M	M	M	M					M
		Cavitada	-	-	-	-	-	-					-	-
		Con bacterias	-	-	-	-	-	-					-	-

TABLA 4b ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA (n=30)

Caso nº		13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)
ZONA HIPERMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Tortuosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Dentinoblastos	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
		Vacios	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Bacterias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Ensanchados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Horadados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Unidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Esclerótica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
		Cristales de Whittlockita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
		Dentina Hipermineralizada											
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	-	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-
		Cavitada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Con bacterias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No EXISTE												

TABLA 4c ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA (n=30)										
Caso n°	25 (72)	26 (72)	27 (83)	28 (83)	29 (83)	30 (56)				
ZONA HIPERMINERALIZADA	TÚBULOS	Rectos		+	+					
		Tortuosos		-	-					
		Dentinoblastos		+	+					
		Vacios		+	+					
		Bacterias		+	-					
		Ensanchados		-	-					
		Horadados		-	-					
		Unidos	NO EXISTE	-	-	NO EXISTE				
		Esclerótica		+	+					
		Cristales de Whitlockita		-	-					
	Dentina Hipermineralizada	Normal/ Desmineralizada/ Mineralizada		-	N	N				
	Dentina Intertubular	Cavitada		+	-	-				
		Con bacterias		+	-	-				

TABLA 5a ANÁLISIS CON MEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA, DENTINA TERCIARIA (n=30)

Caso nº		1 (83)	2 (84)	3 (84)	4 (84)	5 (81)	6 (81)	7 (70)	8 (70)	9 (52)	10 (52)	11 (88)	12 (88)
ZONA HIPERMINERALIZADA TERCIARIA	TÚBULOS	Rectos	-	-	-	-	-					+	NO EXISTE
		Tortuosos	+	+	+	+	+					+	
		Dentinoblastos	-	+	-	-	-					+	
		Vacios	+	+	+	+	+					+	
		Bacterias	-	-	-	-	-					-	
		Ensanchados	-	-	-	-	-					-	
		Horadados	-	-	-	-	-					-	
		Unidos	-	-	-	-	-					-	
		Esclerótica	NO EXISTE	+	+	+	+		NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE	
	Dentina Hipermineralizada	Cristales de Whitlockita	-	-	-	-	-					-	
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada	-	M	M	M	M					M	
		Cavitada	-	-	-	-	-					-	
		Con bacterias	-	-	-	-	-					-	

TABLA 5b ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA, DENTINA TERCIARIA (n=30)												
Caso nº	13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)
ZONA HIPERMINERALIZADA TERCIARIA	TÚBULOS	Rectos										
			Tortuosos									
			Dentinoblastos									
			Vacios									
			Bacterias									
			Ensanchados									
			Horadados									
			Unidos									
			Esclerótica									
			Cristales de Whitlockita									
	Dentina Hipermineralizada											
	Dentina Intertubular											

TABLA 5c ANÁLISIS CON WEB DE LA CARIES DENTINARIA: ZONA HIPERMINERALIZADA, DENTINA TERCIARIA (n=30)												
Caso n°			25	26	27	28	29	30				
			(72)	(72)	(83)	(83)	(83)	(56)				
ZONA HIPERMINERALIZADA TERCIARIA	TÚBULOS	Rectos				-	-					
		Tortuosos				+	+					
		Dentinoblastos				+	+					
		Vacios				-	-					
		Bacterias				-	-					
		Ensanchados				-	-					
		Horadados				-	-					
		Unidos				-	-					
		Esclerótica				+	+					
		Cristales de Whitlockita				-	-					
	Dentina Hipermineralizada		NO EXISTE	NO EXISTE	NO EXISTE			NO EXISTE				
	Dentina Intertubular	Normal/Desmineralizada/Mineralizada				N	N					
		Cavitada				-	-					
						-	-					
		Con bacterias				-	-					

3. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se recogerán en una tabla con el programa SPSS, para su correspondiente procedimiento mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22 (Licencia de la Universidad de Sevilla).

El análisis que se propone es un primer estudio descriptivo, recogiendo las variables de media, desviación estándar, y valores máximos y mínimos para las variables cuantitativas; porcentajes y frecuencia para las variables cualitativas; y un análisis inferencial con pruebas paramétricas o no, en función de que las muestras cumplan con los criterios de normalidad e igualdad de varianzas, empleando en su caso para dicha comprobación los test de Kolmogorov- Smirnov y Levene.

IV. RESULTADOS

A. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA EXPLORACIÓN DEL DIENTE

1. EXPLORACIÓN VISUAL (TABLAS 6, 7 y 8):

En la **Tabla 6** queda recogido el análisis de los datos de la exploración visual del diente, según la localización y la existencia o no de cavitación, en los 20 dientes estudiados, que comprenden 30 superficies analizadas. En 14 casos (46,7%) la caries estaba localizada afectando a la superficie ocluso proximal, siguiendo en frecuencia la superficie oclusal 6 casos (20%), seguidas de la mesial y distal con 5 casos respectivamente (16,6%) (**Tabla 7**).

En 4 casos de lesiones oclusales no cavitados encontramos un surco pardo (50%), mientras que en las superficies proximales mostraban en 4 casos (50%) una lesión de mancha parda (**Tabla 8**).

En 22 casos de las superficies seleccionadas encontramos cavitación (73,3%), mostrando en su superficie un tejido necrótico en 19 casos (86,3%), observándose en solo 3 casos (13,6%) una cavitación limitada el esmalte (**Tabla 8**).

TABLA 6a EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE Y EXTENSIÓN AL CORTE (n=30)

Caso nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	(83)	(84)	(84)	(84)	(81)	(81)	(70)	(70)	(52)	(52)	(88)	(88)
Exploración externa del diente	Exploración visual	Localización	No cavitación									
	Técnicas de exploración	KavODIAGNODent	6	10	10			27	27	11		50
		Vistaproof	1,9	1,8	1,8			2,3	1,5	1,7		1,7
		Radiografía	R4	R4	R3	R0	R4	R0	R4	R3	R4	R0
		Extensión al corte	D2	D2	D1	D2	D2	D1	D2	E	D2	D2
	Hendidura del límite amelo-dentinario			+	-	+	+		+		+	-
Localización: Oclusal (O), Ocluso proximal (OP), Distal (D), Mesial (M).												
No cavitación: Normal (N), / Surco manchado: Negro (SN), pardo (SP), blanco (SB)/Mancha blanca (B) mancha parda (P).												
Cavitación: Esmalte (E), Dentina: Tejido necrótico (DN), Tejido mineralizado (DM).												
Kavodiagnodent: Dos dígitos de mayor valor . /Vistaproof: Dígitos de mayor valor.												
Radiografía: Normal (R0), Esmalte superficial (R1), Esmalte profundo (R2), Dentina Superficial (R3), Dentina profunda (R4).												
Extensión al corte: Normal (N), Esmalte superficial (S), Esmalte profundo (E), Dentina Superficial (D1), Dentina Profunda (D2).												
Hendidura del límite amelo-dentinario: si (+), no (-).												

TABLA 6b EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE Y EXTENSIÓN AL CORTE (n=30)															
Caso n°	13 (109)	14 (57)	15 (61)	16 (67)	17 (65)	18 (67)	19 (53)	20 (69)	21 (69)	22 (87)	23 (64)	24 (56)			
	Localización	M	OP	OP	O	OP	OP	OP	O	M	OP	OP	M		
Exploración externa del diente	Exploración visual	No cavitación	P			SP									
		Cavitación		DN	DN		DN	DN	DN	DN	E	DN	DN	DN	
	Técnicas de exploración														
		KavODIAGNODent		10	11	16	12	38	5	32		18	28	15	
		Vistaproof		2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,7	1,7		1,9	1,7	2,0	
		R0	R4	R4	R3	R4	R4	R4	R4	R2	R4	R3	R3		
	Extensión al corte		D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E	D2	D2	D2	
	Hendidura del límite amelo-dentinario		-		-	-			+						
Localización: Oclusal (O), Ocluso proximal (OP), Distal (D), Mesial (M).															
No cavitación: Normal (N), / Surco manchado: Negro (SN), pardo (SP), blanco (SB) /Mancha blanca (B) mancha parda (P).															
Cavitación: Esmalte (E), Dentina: Tejido necrótico (DN), Tejido mineralizado (DM).															
Kavodiagnodent: Dos dígitos de mayor valor. / Vistaproof: Dígitos de mayor valor.															
Radiografía: Normal (R0), Esmalte superficial (R1), Esmalte profundo (R2), Dentina Superficial (R3), Dentina profunda (R4).															
Extensión al corte: Normal (N), Esmalte superficial (S), Esmalte profundo (E), Dentina Superficial (D1), Dentina Profunda (D2).															
Hendidura del límite amelo-dentinario: si (+), no (-).															

TABLA 6c EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE Y EXTENSIÓN AL CORTE (n=30)

Caso nº	25 (72)	26 (72)	27 (83)	28 (83)	29 (83)	30 (56)												
Exploración externa del diente	Exploración visual	Localización	OP	D	OP	O	M	OP										
		No cavitación		P			SP	P										
	Técnicas de exploración	Cavtación	DN		DN				DN									
		KavODIAGNOdent	9		6	6			10									
		Vistaproof	2,1		1,9	1,6			1,9									
Radiografía		R4	R2	R4	R0	R0	R4											
Extensión al corte		D2	D1	D2	S	D1	D2											
Hendidura del límite amelo-dentinario			+															
Localización: Oclusal (O), Ocluso proximal (OP), Distal (D), Mesial (M).																		
No cavitación: Normal (N), / Surco manchado: Negro (SN), pardo (SP), blanco (SB)/Mancha blanca (B) mancha parda (P).																		
Cavitación: Esmalte (E), Dentina: Tejido necrótico (DN), Tejido mineralizado (DM).																		
Kavodiagnodent: Dos dígitos de mayor valor . /Vistaproof: Dígitos de mayor valor.																		
Radiografía: Normal (R0), Esmalte superficial (R1), Esmalte profundo (R2), Dentina Superficial (R3), Dentina profunda (R4).																		
Extensión al corte: Normal (N), Esmalte superficial (S), Esmalte profundo (E), Dentina Superficial (D1), Dentina Profunda (D2).																		
Hendidura del límite amelo-dentinario: sí (+), no (-).																		

TABLA 7.- RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE (I): LOCALIZACIÓN (n=30)			
Exploración visual	Localización	OCLUSO-PROXIMAL	14 (46,7%)
		OCLUSAL	6 (20,0%)
		DISTAL	5 (16,6 %)
		MESIAL	5 (16,6%)

TABLA 8.- RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE (II): EXPLORACIÓN VISUAL: NO CAVITACIÓN/CAVITACIÓN (n=30)				
Exploración Visual	No cavitación 8 casos (26,7%)		Normal (N)	0 (0%)
			Surco Negro (SN)	0 (0%)
		Superficie oclusal	Surco Pardo (SP)	4 (50%)
			Surco Blanco (SB)	0 (0%)
		Superficie proximal	Mancha Blanca (B)	0 (0%)
			Mancha Parda (P)	4 (50%)
	Cavitación 22 casos (73,3%)	Esmalte (E)		3 (13,6%)
		Tejido Necrótico (DN)		19 (86,3%)
		Tejido Mineralizado (DM)		0 (0%)

2. EXPLORACIÓN CON KavoDIAGNOdent (TABLA 9) :

Todos los dientes en los que se pudo hacer valoración al corte, mostraban una lesión de grado superior al establecido por el por el KavoDIAGNOdent .

En 19 casos (86,4%) de los estudiados con este método, las lesiones eran más profundas que lo que nos indicaba este sistema de exploración, alcanzándose la dentina profunda en 17 casos (77,3%). En 13 casos (59,1%) en los que según este método de exploración había lesiones de esmalte, se mostraron caries en dentina superficial (4,5%) o profunda (54,6%). En 19 casos de los estudiados (86,4%), las lesiones alcanzaban a la dentina profunda independientemente del valor obtenido por este sistema de exploración .

De la totalidad de los 30 casos estudiados, en 8 (26,7%) no se pudieron valorar los dientes con este medio de exploración debido a que eran lesiones proximales.

TABLA 9.- RESULTADOS DE LA EXPLORACION EXTERNA DEL DIENTE (III): KAVODIAGNODENT (n=22)							
Técnicas de exploración	Kavodiagnodent		EXTENSIÓN EN PROFUNDIDAD AL CORTE				
			Normal	Esmalte superficial	Esmalte profundo	Dentina superficial	Dentina profunda
		0-6 (Normal)		1 (4,5%)			3 (13,7%)
		7-11 (Esmalte superficial)				1 (4,5%)	8 (36,4%)
		12-24 (Esmalte profundo)					4 (18,2%)
		25-36 (Dentina superficial)				1 (4,5%)	2 (13,6%)
		37-58 (Dentina profunda)					2 (9,1 %)
		99 (Sarro)					

NO VALORADOS 8 CASOS (26,7%)

3. EXPLORACIÓN CON VISTAPROOF (TABLA 10) :

En 21 casos (95,4%) las lesiones al corte eran más profundas que lo que nos indicaba este método de exploración, alcanzando la dentina profunda en 10 casos (45,5%) cuando el dispositivo nos indicaba una lesión a nivel del esmalte o la dentina superficial en 9 casos (40,9%).

TABLA 10.- RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN EXTERNA DEL DIENTE (IV): VISTAPROOF (n=22)							
			GRADO DE EXTENSIÓN DE LA LESIÓN AL CORTE				
Técnicas de exploración	Vistaproof		Normal	Esmalte superficial	Esmalte profundo	Dentina superficial	Dentina profunda
		Azul (Esmalte superficial) (1.0-1.5)					
		Rojo (Esmalte profundo) (1.5-2.0)		1 (4,5%)		2 (9,1 %)	10 (45,5 %)
		Naranja (Dentina superficial) (2.0-2.5)					9 (40,9%)
		Amarillo (Dentina profunda) (2.5-3.0)					

NO VALORADOS 8 CASOS (26,7%)

En 8 casos (26,7%) no se pudieron valorar los dientes con este método de exploración debido a que eran lesiones proximales.

4. EXPLORACIÓN RADIOLÓGICA (TABLA 11) :

En la valoración radiológica se puede constatar que en 6 casos (20%) en los que no había evidencia de caries (R0), mostraban lesiones que alcanzaban el esmalte superficial en 1 caso (3,3%), la dentina superficial en 2 casos (6,7%) y la dentina profunda en 3 casos (10%).

En los casos en los que se observaba lesión de caries radiológica que afectaba al esmalte profundo (R2), mostraba lesiones reales de caries al corte a nivel del esmalte profundo en 1 caso (3,3%) y de la dentina superficial en 1 caso (3,3%).

En los casos en los que se observaba lesión de caries radiológica que afectaba a la dentina superficial (R3), al corte se evidencian lesiones en diferente extensión, en 1 caso (3,3%) en el esmalte profundo, en 1 caso (3,3%) en la dentina superficial y en 4 casos (13,3%) en la dentina profunda.

En los 16 casos (53,3%) de extensión radiológica en dentina profunda (R4), se observó la lesión a ese nivel en los cortes.

TABLA 11.- RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN RADIOLÓGICA DEL DIENTE (n=30)							
			GRADO DE EXTENSIÓN DE LA LESIÓN AL CORTE				
Técnicas de exploración	Radiología		Normal	Esmalte superficial	Esmalte profundo	Dentina superficial	Dentina profunda
		R0		1 (3,3%)		2 (6,7%)	3 (10%)
		R1					
		R2			1 (3,3%)	1 (3,3%)	
		R3			1 (3,3%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)
		R4					16 (53,3%)

R0: no caries / R1: caries en esmalte superficial / R2: caries en esmalte profundo / R3: caries en dentina superficial / R4: caries en dentina profunda.

5. GRADO DE CONCORDANCIA DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EXPLORACIÓN :

En el análisis de la concordancia de los diferentes métodos de exploración con la extensión de la lesión al corte, recogidos en el **Tabla 12**, se advierte un mayor

grado de concordancia de la exploración visual y el estudio radiológico que con los sistemas de exploración actuales KavoDIAGNOdent y Vistaproof.

TABLA 12.- GRADO DE CONCORDANCIA DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EXPLORACIÓN		
	Concordancia con extensión al corte	No concordancia con extensión al corte
Exploración visual (n=30)	22 (73,3%)	8 (26,7%)
Exploración con KavoDIAGNOdent (n=22)	3 (13,6%)	19 (86,4%)
Exploración con Vistaproof (n=22)	0	22 /100%)
Exploración Radiológica (n=30)	18 (60%)	12 (40%)

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS MÉTODOS DE EXPLORACIÓN:

En el análisis estadístico de los diferentes métodos de exploración, no encontramos significación en el estudio comparativo entre el KavoDIAGNOdent y el Vistaproof, pero sí cuando se analizaron estos dos métodos con el estudio radiológico, siendo favorable para este último (**P< 0,016**).

B. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL ESTUDIO MACROSCÓPICO AL CORTE (n=30)

A continuación analizaremos los datos del grado de extensión de la lesión de caries al corte y la existencia de hendidura del límite amelodentinario.

1. GRADO DE EXTENSIÓN (TABLA 13) :

Una vez realizado el corte de los dientes, el grado de extensión de las lesiones se recoge en la **Tabla 13**, correspondiendo, en la mayoría de los casos, en 23 (76,7%) a la afectación de la dentina profunda.

TABLA 13.- GRADO DE EXTENSIÓN DE LAS LESIONES TRAS EL CORTE (n=30)	
Esmalte Superficial	1 (3,3%)
Esmalte Profundo	2 (6,7%)
Dentina Infectada (Superficial- media)	4 (13,3%)
Dentina Afectada (Media-Profunda)	23 (76,7%)

Hemos de destacar, que en la exploración visual de las **lesiones no cavitadas** tan solo en 2 casos (25 %) la lesión de caries se limitaba exclusivamente al esmalte (**Tabla 8 y 14**), destacando que en 6 casos (75%), las lesiones alcanzaban la dentina (**Tabla 14**). En las lesiones oclusales la lesión alcanzaba preferentemente las zonas más profundas (37,5 %) (**Tabla 14**).

TABLA 14.- CORRELACIÓN ENTRE EL ASPECTO SUPERFICIAL DEL DIENTE Y EL GRADO DE EXTENSIÓN AL CORTE (n=30)							
			Normal	Esmalte superficial	Esmalte profundo	Dentina superficial	Dentina profunda
No cavitación 8 casos (26,7%)	Superficie oclusal (surco teñido)	Surco normal					
		Surco pardo		1 (12,5%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	3 (37,5%)
		Surco blanco					
	Superficie proximal (mancha parda)	Mancha blanca					
		Mancha Parda proximal				2 (25%)	
Cavitación 22 casos (73,3%)		Esmalte			1 (4,5%)		2 (9%)
		Dentina necrótica				1 (4,5%)	18 (82%)
		Dentina mineralizada					

En las lesiones que mostraban cavitación pudimos constatar que las que afectaban al esmalte mostraban ya una clara afectación de la dentina profunda en 2 casos (9%). Evidentemente las lesiones que mostraban una cavitación con dentina necrótica expuesta presentaban fundamentalmente una afectación de la dentina profunda en 18 casos (82%) .

2. EXISTENCIA DE LA HENDIDURA DEL LIMITE AMELODENTINARIO (LAD) (TABLA 15) :

Los dientes de nuestro estudio, con lesiones cavitadas y no cavitadas, que mostraron hendidura del límite amelodentinario fueron 7 (**tabla 15**), si bien, los que podían sugerir la existencia de hendidura del límite amelodentinario serían los que no presentaban cavitación hasta la dentina, éstos serían 11 casos (8 no cavitados y 3 con cavitación de esmalte). De ellos, la existencia de hendidura del límite amelodentinario tan sólo se observó en 5 casos, en los que la exploración externa de los dientes mostraban surco pardo 1 (14,2%), mancha parda 2 (28,6%) y cavitación del esmalte 2 (28,6%). En los casos que se observó una cavitación de dentina con tejido necrótico, en 2 casos (28,6%) pudimos observar la existencia de hendidura del límite amelodentinario

TABLA 15.- RESULTADOS DE LA EXISTENCIA DE LA HENDIDURA DEL LÍMITE AMELODENTINARIO (LAD) AL CORTE (n=7)

ASPECTO EXTERNO DEL DIENTE			
Surco teñido (Surco Pardo) (SP)	Mancha Parda Proximal (P)	Cavitación de Esmalte (E)	Cavitación dentinaria con tejido necrótico (DN)
1 (14,2%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ESTUDIOS MACROSÓPICOS AL CORTE:

Al correlacionar la lesión en superficie con el grado de profundidad de las lesiones (test de Kruskal-Wallis), encontramos que existe una relación estadísticamente significativa, siendo esta significación entre la cavitación dentinaria (dentina necrótica) y la lesión de dentina profunda (**$P < 0,01$**) (prueba de Mann-Withney).

Tanto el surco teñido (surco pardo) como la mancha parda proximal, presentan afectación dentinaria con significación de **$P < 0,05$** .

La existencia de cavitación con dentina necrótica muestra afectación dentinaria de manera estadísticamente significativa (**$P < 0,01$**).

Debido al escaso número de casos de existencia de hendidura en el límite amelodentinario, no se observó significación estadística de estos hallazgos.

C. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON MEB (n=150) .

En el análisis descriptivo, la exposición de los resultados de este trabajo ha sido compleja ya que cualquiera de los hallazgos morfológicos encontrados se pueden observar en cualquiera de las cinco capas de la caries dentinaria e incluso observarse dos o varias asociadas en una misma capa. Es por ello por lo que en las tablas descriptivas podemos encontrarnos dos parámetros, cómo túbulos vacíos y existencia de dentinoblastos, en el análisis de un mismo campo.

Debido a que el número de 30 casos era muy bajo para hacer un posterior análisis estadístico, decidimos, para el análisis de los hallazgos morfológicos, contemplar todos los parámetros en las cinco capas independientes, lo que quiere decir, que se valoraron por cada parámetro 150 datos ($n=150$), en base a que son 30 lesiones de caries y 5 capas de la caries dentinaria ($30 \times 5 = 150$). Además no se debe olvidar que de cada zona se analizaron 10 campos a gran aumento ($10\mu\text{m}$).

A continuación exponemos los hallazgos morfológicos desglosados según las diferentes capas de la caries dentinaria, analizadas en conjunto (**Tabla 16**) o contempladas independientemente las lesiones cavitadas (**Tabla 17**) o no cavitadas (**Tabla 18**). Para poder hacer el análisis descriptivo hemos preferido dejar en las tablas los diferentes parámetros estudiados, si bien para hacer el análisis estadístico, se han agrupado algunos de ellos, como se recogen en las tablas según el color de las celdas.

TABLA 16.- VALORACIÓN DESGLOSADA DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON M.E.B. EN CASOS DE **CARIES CAVITADAS Y NO CAVITADAS (n=30)**

	DENTINA INFECTADA		DENTINA AFECTADA		
	Zona Necrótica	Zona Superficial desmineralizada	Zona Profunda desmineralizada	Zona Hipermineralizada	Zona de Dentina secundaria reparativa o terciaria
TÚBULOS	RECTOS	21 (100%)	21 (100%)	21 (100%)	0
	TORTUOSOS	0	0	0	10 (100%)
	DENTINOBLASTOS	1 (4,8%)	1 (4,8%)	3 (14,3 %)	7 (33,3%)
	VACIOS	20 (95,2%)	20 (95,2%)	18 (85,7 %)	14(66,7%)
	BACTERIAS	4 (19 %)	4 (19 %)	3 (14,3 %)	2 (9,5%)
	ENSANCHADOS	21 (100%)	20 (95,2%)	8 (38,1%)	0
	HORADADOS	21 (100%)	19 (90%)	6 (28,5%)	0
	UNIDOS	20 (95,2%)	18 (85,7%)	1 (4,7%)	0
DENTINA HIPERMINERALI	ESCLERÓTICA	0	0	2 (9,5%)	18 (85,7%)
	WITHLOCKITE	0	0	5 (23,8%)	3 (13,6%)
DENTINA INTERTUBULAR	NORMAL	0	6 (28,5%)	21 (100%)	20 (95,2%)
	MINERALIZADA	0	0	0	5 (50%)
	DESMINERALIZADA	4 (19%)	3 (14,2%)	0	1 (4,8%)
	CAVITADA	21 (100%)	8 (38,1 %)	0	0
	BACTERIAS	4 (19%)	3 (14,3 %)	3 (14,3 %)	1 (4,8%)
					0
NO EXISTE DICHA CAPA		5, 6, 8, 12, 16, 21, 26, 28, 29	2, 6, 8, 12, 16, 21, 28, 29, 30	2, 9, 10, 12, 21, 27, 28, 29, 30	1, 7, 8, 9, 10, 18, 25, 27, 30
		9 (30%)	9 (30%)	9 (30%)	8 (26,6%)
					1, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30
					20 (66,6%)

TABLA 17.-.- VALORACIÓN DESGLOSADA DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON M.E.B. EN CASOS DE CARIES CAVITADAS (n=22)

	DENTINA INFECTADA		DENTINA AFECTADA		
CAPA DE LA CARIES DENTINARIA	Zona Necrótica	Zona Superficial desmineralizada	Zona Profunda desmineralizada	Zona Hiper mineralizada	Zona de Dentina secundaria reparativa o terciaria
TÚBULOS DENTINARIOS	RECTOS	18 (100%)	17 (100%)	15 (100%)	14 (100%)
	TORTUOSOS	0			5 (100%)
	DENTINOBLASTOS				1 (7,2%)
	VACIOS	18 (100%)	17 (100%)	15 (100 %)	13 (92,8%)
	BACTERIAS	3 (16,6%)	3 (17,6%)	2 (13,3%)	1(7,2%)
	ENSANCHADOS	18 (100%)	17 (100 %)	5 (33,3 %)	
	HORRADADOS	18 (100 %)	16 (94,1 %)	4 (26,6 %)	
	UNIDOS	17 (94,4 %)	16 (94,1 %)		
	ESCLERÓTICA			1 (6,6%)	12 (85,7 %)
DENTINA TUBULAR	WITHLOCKITE			3 (20 %)	3 (21,4 %)
	NORMAL		4 (23,5%)	15 (100%)	6 (42,8 %)
	MINERALIZADA				5 (35,7%)
DENTINA INTERTUBULAR	DESMINERALIZADA	2 (11,1%)	2 (11,7 %)		
	CAVITADA	18 (100%)	6 (35,2%)		
	BACTERIAS	3 (16,6 %)	2 (11,7 %)	2 (13,3 %)	
NO EXISTE DICHA CAPA		5,6,12,21	2,6,12,21,30	2,9,10,12,21,27,30	1,7,9,10,18,25,27,30
		4 (18,2%)	5 (22,7%)	7 (31,8%)	8 (36,4%)
					1,6,7,9,10,12,14,15,18, 19,21,22,23,24,25,27,30
					17 (77,3%)

TABLA 18.-.- VALORACIÓN DESGLOSADA DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON M.E.B. EN CASOS DE CARIES NO CAVITADAS (n=8)					
	DENTINA INFECTADA		DENTINA AFECTADA		
CAPA DE LA CARIES DENTINARIA	Zona Necrótica	Zona Superficial desmineralizada	Zona Profunda desmineralizada	Zona Hiper mineralizada	Zona de Dentina secundaria reparativa o terciaria
TÚBULOS DENTINARIOS	RECTOS	3 (100 %)	4 (100%)	6 (100%)	7 (100%)
	TORTUOSOS				5 (100%)
	DENTINOBLASTOS	1 (33,3%)	1 (25 %)	3 (50%)	6 (85,7 %)
	VACIOS	2 (66,6 %)	4 (100 %)	3 (50 %)	2 (28,5%)
	BACTERIAS	1 (33,3 %)	1 (25 %)	1 (16,6 %)	1 (14,2 %)
	ENSANCHADOS	3 (100 %)	3 (75 %)	2 (33,3%)	
	HORADADOS	3 (100 %)	3 (75 %)	2 (33,3%)	
	UNIDOS	3 (100 %)	2 (50 %)	1 (16,6%)	
DENTINA TUBULAR	ESCLERÓTICA			1 (16,6%)	7 (100%)
	WITHLOCKITE			2 (33,3%)	
DENTINA INTERTUBULAR	NORMAL		2 (50 %)	6 (100%)	3 (42,8%)
	MINERALIZADA				2 (28,5%)
	DESMINERALIZADA	1 (33,3 %)	1 (25 %)		
	CAVITADA	3 (100 %)	2 (50 %)		1 (14,2 %)
	BACTERIAS	1 (33,3 %)	1 (25 %)	1 (16,6 %)	1 (14,2 %)
NO EXISTE DICHA CAPA		8,16,26,28,29	8,16,28,29	28,29	8
		5 (80,7%)	4 (50%)	2 (25%)	1 (12,5%)
					8,13,26
					3 (37,5%)

De manera más simple, se recogen los resultados de una forma descriptiva, simplificando los epígrafes y analizándolos en conjunto, de forma global, alguno de ellos tras la valoración de los hallazgos morfológicos por zonas y en cada uno de los casos ($5 \times 30 = 150$), de la caries dentinaria estudiados con M.E.B. (**Tabla 19**).

TABLA 19.- ANÁLISIS DESCRIPTIVO POR ZONAS DE LAS LESIONES EXISTENTES EN LA CARIES DENTINARIA CON MICROSCOPIA ELECTRÓICA DE BARRIDO (n=150)

	DISPOSICIÓN DE LOS TÚBULOS	EXISTENCIA DE DENTINOBLASTOS	EXISTENCIA DE BACTERIAS EN LOS TÚBULOS	LESIÓN DE LOS TÚBULOS	DENTINA TUBULAR HIPER MINERALIZADA	DENTINA INTERTUBULAR DESMINERALIZADA	EXISTENCIA DE BACTERIAS EN LA DENTINA INTERTUBULAR	NO EXISTE DICHA CAPA
ZONA NECRÓTICA	Rectos 21 (100%)	No: 20 (95,2%) Si: 1 (4,8%)	No: 17 (81%) Si: 4 (19%)	No : Si: 21 (100%)	No: 21 (100%)	No : Si: 21 (100%)	No: 17 (81%) Si: 4 (19%)	5,6,8, 12, 16,21 .26, 28,29. 9 (30%)
ZONA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA	Rectos 21 (100%)	No: 20 (95,2%) Si: 1 (4,8%)	No: 17 (81%) Si: 4 (19%)	No: 1 (4,8%) Si: 20 (95,2%)	No: 21 (100%)	No: 13 (61,9%) Si: 8 (38, 1%)	No: 18 (85,7%) Si: 3 (14,3%)	2,6,8, 12, 16,21 .28, 29,30. 9 (30%)
ZONA PROFUNDA DESMINERALIZADA	Rectos 21 (100%)	No: 18 (85,7%) Si: 3 (14,3%)	No: 18 (85,7%) Si: 3 (14,3%)	No: 13 (61,9%) Si: 8 (38,1%)	No: 16 (76,2%) Si: 5 (23,8%)	No: 21 (100%)	No: 18 (85,7%) Si: 3 (14,3%)	2,9,10,12,21, 27,28, 29,30. 9 (30%)
ZONA HIPER MINERALIZADA	Rectos 21 (100%)	No: 14 (66,7%) Si: 7 (33,3%)	No: 19 (90,5%) Si: 2 (9,5%)	No: 21 (100%)	No: Si: 21 (100%)	No: 20 (95,2%) Si: 1 (4,8%)	No: 20 (95,2%) Si: 1 (4,8%)	1,7,8,9,10,18, 25, 27,30. 9(30%)
ZONA DE DENTINA 2ª REPARATIVA O 3ª	Tortuosos 10 (100%)	No: 5 (50%) Si: 5 (50%)	No: 10 (100%)	No: 10 (100%)	No : Si: 10 (100%)	No: 10 (100%)	No: 10 (100%)	1,6-10,12- 15, 18, 19, 21,22-27,30. 20 (66,6%)

1. DENTINA INFECTADA

a) Zona necrótica (Tablas 16-19):

- **Disposición de los túbulos dentinarios:** en el 100% de los casos se observaron túbulos rectos, tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas.
- **Existencia de dentinoblastos:** en la mayoría de los casos estudiados no se observó la existencia de dentinoblastos en esta capa, encontrándose por lo tanto los túbulos vacíos, llamados tractos muertos. Tan solo se observó este hallazgo en 1 caso (33,3%) de caries no cavitada.
- **Existencia de bacterias en los túbulos dentinarios:** la observación de bacterias en el interior de los túbulos se observó sólo en 4 casos (19%), siendo más frecuentes en los casos de lesiones no cavitadas (33,3%) que en las cavitadas (16,6%).
- **Existencia de túbulos dentinarios lesionados:** la observación de túbulos ensanchados y horados se constató en el 100% de los casos, mientras que los túbulos unidos fueron más frecuentes en las lesiones no cavitadas (100%), pero observado también en un elevado porcentaje (94,4%) en las lesiones cavitadas.
- **Existencia de dentina tubular hipermineralizada:** no se observó ni dentina esclerótica ni cristales de whitlockita en las caries cavitadas y no cavitadas.
- **Existencia de dentina intertubular desmineralizada:** la observación de dentina desmineralizada, con signos de cavitación se observó en el 100% de los casos por igual en las caries cavitadas y en las no cavitadas.
- **Existencia de bacterias en la dentina intertubular:** si bien la observación de bacterias a este nivel fue escasa, en este análisis descriptivo fue más frecuente en las lesiones de caries no cavitadas (33,3%).

En 4 casos (18,2 %) de las lesiones cavitadas , y en 5 casos (80,7 %) de lesiones no cavitadas, no se pudo hacer un análisis de esta capa por no existir en las muestras estudiadas.

b) Zona superficial desmineralizada (Tablas 16-19):

- **Disposición de los túbulos dentinarios:** en el 100% de los casos se observaron túbulos rectos, tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas.
- **Existencia de dentinoblastos:** en 1 caso únicamente (25%) de lesiones de caries no cavitadas se observó la existencia de dentinoblastos, encontrándose por lo tanto en el resto de casos los túbulos vacíos, llamados tractos muertos.
- **Existencia de bacterias en los túbulos dentinarios:** la observación de bacterias en el interior de los túbulos fue escasa (23,8%), siendo más frecuentes en los casos de lesiones no cavitadas (50%) que en las cavitadas (17,6%).
- **Existencia de túbulos dentinarios lesionados:** la observación de túbulos ensanchados , horados y unidos se constató con un porcentaje superior al 85,7% en el análisis global, superior al 94,1% en caries cavitadas, y entre el 50 y 75% en caries no cavitadas.
- **Existencia de dentina tubular hipermineralizada:** no se observó ni dentina esclerótica ni cristales de whitlockita en las caries cavitadas y no cavitadas.
- **Existencia de dentina intertubular desmineralizada:** la observación de dentina desmineralizada con signos de cavitación se observó entre el 38,1% y el 50%, siendo más frecuente en las lesiones no cavitadas.

- **Existencia de bacterias en la dentina intertubular:** se observó mayor número de bacterias en la dentina intertubular de las caries no cavitadas (25 %).

En 5 casos (22,7 %) de las lesiones cavitadas , y en 4 casos (50 %) de lesiones no cavitadas, no se pudo hacer un análisis de esta capa por no existir en las muestras estudiadas.

2. DENTINA AFECTADA

a) Zona profunda desmineralizada (Tablas 16-19) :

- **Disposición de los túbulos dentinarios:** en el 100% de los casos se observaron túbulos rectos, tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas.
- **Existencia de dentinoblastos:** la existencia de dentinoblastos fue baja, siendo en el análisis global un 14,3%, y observándose más frecuente en los casos de caries no cavitada (50%). Siendo muy frecuente la existencia de túbulos vacíos.
- **Existencia de bacterias en los túbulos dentinarios:** la observación de bacterias en el interior de los túbulos fue escasa, siendo más frecuentes en los casos de lesiones no cavitadas (16,6%) que en las cavitadas (13,3%).
- **Existencia de túbulos dentinarios lesionados:** la observación de túbulos ensanchados y horados se constató con un valor máximo del 38,1% de los casos, mientras que los túbulos unidos se observaron en las caries no cavitadas (16,6%).

- **Existencia de dentina tubular hipermineralizada:** la observación más frecuente fue de cristales de whitlockita en las caries no cavitadas (33,3%) y cavitadas (20%), observándose con menor incidencia la existencia de una dentina esclerótica, 16,6% en la caries no cavitadas y 6,6% en caries cavitadas.
- **Existencia de dentina intertubular desmineralizada:** no se observó en esta zona.
- **Existencia de bacterias en la dentina intertubular:** se observó mayor número de bacterias en la dentina intertubular de las caries no cavitadas (14,3 %).

En 7 casos (31,8 %) de las lesiones cavitadas , y en 2 casos (25 %) de lesiones no cavitadas, no se pudo hacer un análisis de esta capa por no existir en las muestras estudiadas.

b) Zona de dentina hipermineralizada (Tablas16-19) :

- **Disposición de los túbulos dentinarios:** en el 100% de los casos se observaron túbulos rectos, tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas.
- **Existencia de dentinoblastos:** la existencia de dentinoblastos fue baja, siendo en el análisis global de un 33,3% pero siendo más frecuente en los casos de caries no cavitada (85,7%), por lo tanto, observándose con una menor frecuencia la existencia de túbulos vacíos con respecto a la capa anterior.
- **Existencia de bacterias en los túbulos dentinarios:** la observación de bacterias en el interior de los túbulos dentinarios fue excepcional en todos los casos (9,5%), tanto en lesiones cavitadas como no cavitadas.

- **Existencia de túbulos dentinarios lesionados:** no se observó la existencia de túbulos ensanchados, horadados y unidos en ninguno de los casos.
- **Existencia de dentina tubular hipermineralizada:** la existencia de dentina esclerótica se observó de una forma global en el 100% de los casos, correspondiendo al 100% en los casos de caries no cavitadas y al 87,5% en los casos de caries cavitada. La observación de cristales de Whitlockita se observó en los casos de caries cavitadas (21,4%).
- **Existencia de dentina intertubular desmineralizada:** fue escasa (4,8%), encontrándose en 1 caso en caries no cavitadas (14,2%).
- **Existencia de bacterias en la dentina intertubular:** fue escasa (4,8%) encontrándose en 1 caso en caries no cavitadas (14,2%).

En 8 casos (36,4 %) de las lesiones cavitadas , y en 1 caso (12,5 %) de lesiones no cavitadas, no se pudo hacer un análisis de esta capa por no existir en las muestras estudiadas.

c) Zona de dentina secundaria reparativa o terciaria (Tablas 16-19)

- **Disposición de los túbulos dentinarios:** en el 100% de los casos se observaron túbulos tortuosos, tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas.
- **Existencia de dentinoblastos:** en las caries cavitadas y no cavitadas se observó la existencia de dentinoblastos en el interior de los túbulos en el 50% de los casos.

- **Existencia de bacterias en los túbulos dentinarios:** en esta capa no se observaron bacterias en el interior de los túbulos.
- **Existencia de túbulos dentinarios lesionados:** no se observó la existencia de túbulos ensanchados, horadados y unidos en ninguno de los casos.
- **Existencia de dentina tubular hipermineralizada:** en todos los casos se observó la existencia de dentina esclerótica (100%) tanto en caries no cavitadas como en caries cavitada.
- **Existencia de dentina intertubular desmineralizada:** no se observó en esta capa.
- **Existencia de bacterias en la dentina intertubular:** no se observó la existencia de bacterias en esta capa.

En 17 casos (77,3 %) de las lesiones cavitadas , y en 3 casos (37,5 %) de lesiones no cavitadas, no se pudo hacer un análisis de esta capa por no existir en las muestras estudiadas.

D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS LESIONES DE LA CARIES DENTINARIA CON MEB (n=150)

Para la realización del análisis estadístico tuvimos que basarnos en los parámetros morfológicos obtenidos de la observación de las 5 zonas de la caries dentinaria; por lo tanto, de los 150 datos.

De estos 150 datos que teóricamente teníamos que tener, solamente se pudieron analizar estos parámetros en 94 de ellos, ya que en 56 casos no existían debido a las características del proceso de caries.

Tras la observación y estudio de las lesiones de caries dentinaria con el M.E.B, se realizó el análisis estadístico obteniéndose los datos que están recogidos en la **Tabla 20**. El análisis se hizo comparativo entre las dos zonas inmediatas de la caries dentinaria, es decir, entre:

- Zona necrótica y zona superficial desmineralizada.
- Zona superficial desmineralizada y zona profunda desmineralizada.
- Zona profunda desmineralizada y zona hipermineralizada.
- Zona hipermineralizada y zona de dentina secundaria reparativa o terciaria.

Debido a que el proceso de caries condiciona lesiones evolutivas, es por lo que hemos analizado las capas continuas que van marcando las características histológicas del proceso.

Existe en la **disposición de los túbulos** una diferenciación estadística (**$P < 0,01$**), cuando analizamos las características de los túbulos de la dentina hipermineralizada con la dentina secundaria reparativa o terciaria, siendo en el primer caso rectos y en el segundo tortuosos.

En el análisis comparativo de las diferentes capas de la **existencia de dentinoblastos y de bacterias en el interior de los túbulos**, no existe significación estadística.

La existencia de **lesiones en los túbulos dentinarios** (ensanchados, horadados, y unidos) mostró significación estadística al comparar la zona superficial desmineralizada con la profunda desmineralizada (**$P < 0,01$**), ya que las lesiones se observaban más frecuentemente en la zona superficial desmineralizada que en la profunda. En el análisis comparativo de la zona profunda desmineralizada y la zona hipermineralizada también encontramos significación estadística (**$P < 0,01$**), ya que la zona hipermineralizada no muestra este tipo de lesiones.

La existencia de una **dentina tubular hipermineralizada** cuando se analizó la zona superficial desmineralizada y la zona profunda desmineralizada, mostró una significación estadística de **$P < 0,005$** , debido a que el inicio de mineralización se puede observar en las zonas profundas echo que no sucede en la zona superficial desmineralizada. Por el contrario si es evidente la significación estadística **$P < 0,001$** en el análisis de la zona profunda desmineralizada respecto a la zona hipermineralizada.

La existencia de **dentina intertubular desmineralizada** se constató en el análisis de la zona necrótica y dentina superficial desmineralizada (**$P < 0,001$**), ya que es un hallazgo existente en las dos zonas. De igual forma, cuando se analiza la zona superficial desmineralizada con la zona profunda desmineralizada también es significativamente estadístico **$P < 0,001$** ya que en esta zona profunda no existen, generalmente, estos signos de desmineralización.

El análisis de la existencia de **bacterias en la dentina intertubular** no mostró significación estadística.

TABLA 20. - ANÁLISIS ESTADÍSTICO POR ZONAS DE LAS LESIONES EXISTENTES EN LA CARIES DENTINARIA CON MICROSCOPIA ELECTRÓICA DE BARRIDO (n=150)

	DISPOSICIÓN DE LOS TÚBULOS	EXISTENCIA DE DENTINOBLASTOS	EXISTENCIA DE BACTERIAS EN LOS TÚBULOS	LESIÓN DE LOS TÚBULOS	DENTINA TUBULAR HIPER MINERALIZADA	DENTINA INTERTUBULAR DESMINERALIZADA	EXISTENCIA DE BACTERIAS EN LA DENTINA INTERTUBULAR
ZONA NECRÓTICA							
	No significativo	No significativo	No significativo	No significativo	No significativo	P < 0.001	No significativo
	No significativo	No significativo	No significativo	P < 0.001	P < 0.005	P < 0.001	No significativo
ZONA PROFUNDA DESMINERALIZADA	No significativo	No significativo	No significativo	P < 0.001	P < 0.001	No significativo	No significativo
	No significativo	No significativo	No significativo	P < 0.001	P < 0.001	No significativo	No significativo
ZONA DE DENTINA 2ª REPARATIVA O 3ª	P < 0.001	No significativo	No significativo	No significativo	No significativo	No significativo	No significativo

V. DISCUSIÓN

La caries sigue siendo la enfermedad con mayor prevalencia en la población mundial. Hoy en día, los profesionales que se dedican al tratamiento de los dientes están desbordados por nuevos materiales y técnicas de procedimientos que están facilitando y solucionando muchos de los problemas odontológicos que se les plantean. Pero, no debemos olvidar, que más del 80% de las patologías dentarias que se tratan en un paciente, son primarias o secundarias al proceso de caries en sus diferentes estadios evolutivos.

Uno de los grandes problemas que existen actualmente en la Odontología es el tratar procesos sin un claro conocimiento de la patología, y realmente esto es lo que sucede frecuentemente con la caries.

Para tratar la caries correctamente es imprescindible tener un claro conocimiento de su mecanismo de formación, su patología, de los métodos de exploración útiles y de los materiales de restauración adecuados. Es por todo ello, por lo que nos propusimos en el trabajo de esta tesis obtener un mejor conocimiento de la morfología microscópica de la caries dentinaria que va a condicionar el diagnóstico correcto y la realización de un tratamiento adecuado.

A la hora de valorar los diferentes hallazgos morfológicos de la caries dentinaria, nos hemos encontrado numerosas dificultades ya que tanto en las lesiones cavitadas como no cavitadas no se observan todas las zonas descritas por Sarnat y Massler en su trabajo ⁽³²⁾. Se han observado casos en los que no se encontraban una determinada zona, bien en superficie o en profundidad pero que por supuesto dependía del estadio evolutivo del proceso y de una serie de circunstancias del mismo. Por ejemplo, en lesiones no cavitadas como las de mancha parda del esmalte, podemos observar las lesiones de dentina infectada y afectada de la caries dentinaria ⁽¹⁰⁾, o solo la capa afectada ^(10,30).

Para poder comprender muchos de los procesos clínicos o las peculiaridades diagnósticas que se observan en el estudio de la caries es necesario conocer las

lesiones que se producen en su formación. Es por ello por lo que en nuestro estudio hemos analizado las características de la caries dentinaria mediante el estudio con Microscopía Electrónica de Barrido convencional que nos ayudará a entender el proceso clínico de caries que debemos tratar.

A) MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIALES

En la selección de nuestros casos nos centramos inicialmente en dientes que presentaban una cavitación con diferentes grados de profundidad, que comprometían generalmente a las superficies ocluso-proximales. Pero en esta selección pudimos constatar como en un mismo diente, existían estas lesiones amplias y extensas junto con otras de superficie oclusal y/o proximal, algunas con cavitación externa del esmalte pero con una variable lesión dentinaria. Por todo ello, decidimos aprovechar todo este material y fue por lo que seleccionamos 20 dientes del sector posterior conservados en formol al 15%, en los que pudimos estudiar 30 lesiones, 14 en superficie ocluso-proximal, 5 en superficie distal, 5 en superficie mesial y 6 en superficie oclusal (**Tabla 7**). De todas estas lesiones, 22 eran cavitadas (73,3%) y 8 eran no cavitadas (26,7%) (**Tabla 8**).

Al inicio del trabajo nos planteamos si 30 casos eran pocos para la realización del presente estudio, pero comprobamos que eran suficientes ya que el análisis de los diferentes parámetros estudiados se valorarían en cada una de las 5 zonas de la caries dentinaria, lo que nos daba una valoración inicial de 150 datos, que se habían valorado tras el análisis de 10 campos de gran aumento ($10\mu\text{ m}$) por cada zona (1.500 observaciones).

2. MÉTODOS

a) Conservación de las muestras :

Las muestras recién extraídas, fueron conservadas en recipientes individuales que contenían formol al 15%. Estudios anteriores nos mostraron que era un buen método de conservación para las observaciones con Microscopía Electrónica de Barrido.

b) Métodos de exploración:

En la exploración clínica del diente para el estudio y diagnóstico de la caries dentinaria hemos empleado varios métodos y aparatajes de diagnóstico, ya que se ha considerado que el uso de uno solo de ellos puede conllevar a errores diagnósticos, siendo por tanto de la opinión que la exploración visual junto con los métodos complementarios son los que deben establecer una información más completa del grado de extensión de las lesiones.

Si bien, no han sido los métodos de exploración el motivo de este trabajo, sí debemos hacer algunas consideraciones de los usados.

- **Exploración visual:** en este trabajo la exploración visual no era la finalidad del mismo, ya que consideramos que conlleva a errores diagnósticos, como indican Rubio y Cols.⁽⁴⁴⁾ y Cárdenas ⁽⁴⁵⁾, que señalan que es fácil detectarla pero difícil establecer el grado de afectación, como se observan en los 8 casos no cavitados de nuestro estudio que con diferentes patrones de lesión en su morfología externa muestran grados diferentes de caries en profundidad (**Tabla14**). La existencia en nuestro estudio de un mayor grado de concordancia que alcanzaba el 73,3%, puede ser debido a que en 22 casos (73,3%) eran lesiones cavitadas fáciles de diagnosticar en la exploración visual.

- **KavoDIAGNOdent:** la aparición del *KavoDIAGNOdent*, método de fluorescencia por láser, es un sistema de exploración utilizado en la última década con unos resultados aceptables⁽⁵⁰⁾, pero que con la aparición ocasional de otros métodos hacen cuestionar su utilidad como método único. En los casos de nuestro estudio, se observó que en la mayoría de ellos existían lesiones de un grado superior a lo establecido por el KavoDIAGNOdent (**Tabla 9**), observándose este hallazgo en el 86,4% de los casos estudiados.

El diseño del KavoDIAGNOdent se realizó para el estudio de las lesiones de caries no cavitadas tanto en superficie oclusal como en proximal. El hecho que en 22 casos de nuestro estudio las lesiones fueran cavitadas, podían distorsionar los criterios y parámetros de este sistema de exploración en estos casos.

- **Vistaproof:** otro sistema de exploración de fluorescencia por láser que hemos usado ha sido el *Vistaproof* que detecta la protoporfirina (PP9), producto de degradación de las bacterias generalmente *Actinomyces Odontolitycus*, *Bacteroides Intermedius* y *Corynebacterium*. El problema que tiene este método de exploración, es que estos productos disminuyen en dientes extraídos y almacenados. Y nos preguntamos que si son los lactobacilos las bacterias que inician el avance de la caries en la profundidad de la dentina, ¿este método será el correcto para analizar el grado de profundidad de la lesión?. En los casos de nuestro estudio, se observó que en la mayoría de ellos existían lesiones de un grado superior a lo establecido por el Vistaproof (**Tabla 10**), observándose este hallazgo en el 95,5% de los casos estudiados. Habrá que esperar a estudios microbiológicos más actuales de la caries dentinaria para poder establecer el verdadero valor de este método de exploración, aunque hay estudios recientes que avalan su utilidad.
- **Radiología:** hay que señalar que particularmente la exploración radiológica es un método de diagnóstico impreciso a la hora de detectar caries incipientes y solo útil en las lesiones de superficie proximal o en las lesiones de superficie

oclusal cuando la caries se extiende en profundidad sobrepasando el límite amelodentinario. En general, la técnica más útil es la aleta de mordida ⁽⁴⁴⁾ pero con unas limitaciones ya que presentan una sensibilidad limitada ⁽⁵³⁾ con lo que estamos de acuerdo, pero en contra de otros autores ⁽⁵¹⁾ respecto a la utilidad de este método de exploración en caries incipiente.

En nuestro trabajo, hemos seguido los criterios establecidos por Mathaler y German ⁽⁵⁵⁾, pero sin olvidar que cerca del 90% de las caries de superficie proximal no son detectadas por estudios radiológicos como se ha podido demostrar en estudios anteriores ⁽²⁹⁾.

Nos ha sorprendido en nuestro estudio que el método de exploración visual y radiológico tienen mayor grado de concordancia con la lesión de caries al corte (73,3% y 60% respectivamente), cuando se compara con los sistemas de KavoDIAGNOdent y Vistaproof (**Tabla 12**). El grado de concordancia de la exploración visual puede estar justificado porque la mayoría de los casos eran lesiones cavitadas fundamentalmente en dentina y que por lo tanto era fácil presuponer el grado de extensión de la lesión. Pero la realidad es que esta correlación cuando se analiza en lesiones no cavitadas es bastante deficiente.

Por otro lado, el mayor grado de concordancia del estudio radiológico (**P<0,016**) en el análisis comparativo con los otros métodos, está también justificado por la selección previa que realizamos de lesiones cavitadas, ya que numerosos estudios previos insisten en la falta de sensibilidad y especificidad de este sistema de exploración ⁽⁵²⁾.

En la actualidad existe un conocimiento escaso del proceso de caries y unos métodos diagnósticos que no nos dan resultados fiables, por lo que estamos de acuerdo con Murphy⁽⁴²⁾ que dice que ante un mismo proceso se pueden obtener dos diagnósticos diferentes y por lo tanto distintos tratamientos.

Por lo expuesto consideramos que estos resultados no se han de tener en consideración, por lo que recomendamos seguir realizando estudios posteriores en esta línea.

c) Preparación de las muestras :

El método empleado en la preparación de las muestras para el estudio al Microscopio Electrónico de Barrido fue en principio la fractura provocada, lo que nos permitió la observación de bacterias, pero a la vez nos dificultaba bastante los hallazgos morfológicos por la presencia de artefactos, superficies irregulares, fracturas irregulares, fragmentos desprendidos... (**Fig. 56 y 57**), por lo que tuvimos que decidir el realizar cortes de las muestras con disco de diamante (**Fig. 58**) y posteriormente someter las mismas a grabado con ácido ortofosfórico durante 2 segundos para eliminar el barrillo dentinario que se forma (**Fig. 59**); con este acto éramos conscientes de la creación de otros posibles artefactos en las estructuras histológicas a analizar, como la pérdida de bacterias en la muestra y la presencia de cristales en caso de mal lavado de los dientes (**Fig. 60 y 61**); a pesar de ello pudimos hacer una correcta y mejor valoración de las lesiones morfológicas existentes.

Esta forma de preparar las muestras nos limitó el análisis de la existencia de bacterias en el interior de los túbulos y en la dentina intertubular; si bien, hemos presentado en nuestro trabajo imágenes con bacterias que se obtuvieron en las primeras muestras realizadas por fractura y no por corte (**Fig. 20**).

Una vez realizado el grabado ácido, se sometieron las muestras a un secado riguroso para evitar posibles interferencias en la metalización correcta de las mismas. Es por ello, por lo que decidimos almacenar la muestras durante 7 días en unos recipientes que contenían cloruro cálcico (**Fig. 63 y 64**), para eliminar todo posible exceso de humedad, siguiendo las pautas reseñadas en el material y métodos.

Somos conscientes que para hacer un correcto análisis de la caries dentinaria se han de realizar y valorar diferentes técnicas de estudio que nos permitan considerar la globalidad de los distintos aspectos morfológicos y que no puedan ser contemplados en algunos de ellos, no pudiendo establecerse de forma tajante los hallazgos morfológicos encontrados en nuestro estudio como únicos ni excluyentes de otros procesos.

B) ASPECTOS MACROSCÓPICOS

En nuestras observaciones, en el estudio del corte de los dientes se observa una correlación de la coloración y aspecto de la dentina con los diferentes estratos histológicos de la caries (**Fig. 62**). De esta forma una coloración negruzca o pardo-negruzca corresponde a la dentina necrótica, una coloración parduzca corresponde a la dentina superficial desmineralizada, una coloración pardo-amarillenta corresponde a la dentina profunda desmineralizada y una dentina de aspecto traslúcido a una dentina esclerótica. La observación de una dentina secundaria reparativa o terciaria, es fácil de identificar al ser una capa de dentina que está creciendo sobrepasando el límite de la pared de la cámara pulpar.

En las lesiones no cavitadas a nivel del límite amelodentinario se puede observar, según Llamas y Cols. ⁽²⁸⁾ una hendidura que separa esmalte y dentina, como lo hemos podido constatar en 3 casos (casos nº 3, 8 y 26). El trabajo de estos autores está realizado sobre caries de esmalte de superficie proximal no cavitadas, lo que puede justificar las cifras bajas de observación en nuestro estudio debido a la selección de las muestras que se hizo especialmente buscando una clara lesión de caries dentinaria, por lo tanto lesiones cavitadas. La observación en un caso de lesión externa de surco pardo y que mostrara una caries dentinaria con observación de hendidura en el límite amelodentinario (caso nº 3), estaría justificada por la fácil permeabilidad que se puede encontrar en el esmalte desde el fondo del surco hasta dicho límite, en numerosas ocasiones asociado a la existencia de un crack, y cuyo espesor del esmalte podría oscilar entre escasos milímetros y micrones.

Al analizar el grado de extensión de las lesiones al corte (**Tabla 13**), observamos como existían 3 casos (caso nº8, 21 y 28) que aparentemente la lesión se limitaba a esmalte, por lo que nos cuestionamos eliminarlos al no mostrar una clara evidencia de caries dentinaria, ya que el caso nº 8 mostraba al corte una caries de esmalte profunda y una hendidura del límite amelodentinario evidente, el caso nº 21 mostraba al corte una caries de esmalte profunda y una imagen radiológica (R2) que afectaba al esmalte profundo y el caso nº 28 mostraba al corte una caries de esmalte superficial y un valor con Vistaproof de 1,9 en el límite de una lesión dentinaria. Pese a estos datos decidimos incluirlos ya que sabíamos que a pesar del grado aparente de extensión de la lesión al corte, pueden existir lesiones más profundas no detectadas en los estudios iniciales. Pero en nuestro estudio, en estos casos debemos destacar:

- Caso nº 8: pese a la existencia de hendidura, no hemos encontrado alteraciones a nivel de la dentina.
- Caso nº 21: solo se observó una zona de dentina esclerótica.
- Caso nº 28: se observó una zona de dentina esclerótica y la formación de dentina secundaria reparativa o terciaria.

Cómo hemos expuesto, una lesión que no sobrepase aparentemente el límite amelodentinario, puede mostrar ya signos de respuesta del dentinoblasto con una dentina esclerótica o una dentina secundaria reparativa o terciaria como muestran los casos nº 21 y 28 respectivamente.

C) ASPECTOS MICROSCÓPICOS

En el análisis microscópico de las áreas de la caries preferimos hablar de zonas y no de capas, ya que son áreas de una difícil delimitación. Para hacer un estudio sistemático de las diferentes zonas de la caries dentinaria preferimos utilizar las establecidas por Sarnat y Massler ⁽³²⁾ y que posteriormente han sido usadas por

Fusuyama ⁽³³⁾, Hoffman ⁽³⁴⁾ y Llamas y Cols.⁽¹⁰⁾ ya que consideramos que determinan de la forma más coherente la evolución del proceso de caries en esta localización:

- Dentina infectada:
 - Zona necrótica
 - Zona superficial desmineralizada
- Dentina afectada:
 - Zona profunda desmineralizada
 - Zona hipermineralizada
 - Zona de dentina secundaria reparativa o terciaria

El análisis descriptivo, estadístico y la exposición de los resultados de este trabajo ha sido complejo ya que algunos de los hallazgos morfológicos encontrados se pueden observar en cualquiera de las cinco zonas de la caries dentinaria e incluso observarse dos o varias asociadas en una misma zona. Es por ello por lo que en las tablas descriptivas podemos encontrarnos dos parámetros, cómo túbulos vacíos y existencia de dentinoblastos, en el análisis de un mismo campo o túbulos horadados por bacterias junto a otros con prolongaciones de dentinoblastos en zona de dentina superficial desmineralizada (caso nº 11).

Es evidente que académicamente se establecen unas capas de la caries dentinaria en las que hemos descrito una secuencia biológica del proceso con una cierta coherencia de evolución de las lesiones. Pero no debemos olvidar que la lesión que avanza en el tejido dentinario no es un frente uniforme, sino irregular, ya que la velocidad de avance es distinta en cada túbulo.

Para el análisis de los hallazgos morfológicos contemplamos todos los parámetros en las cinco zonas independientes, lo que quiere decir, que se valoraron por cada parámetro 150 datos (n=150), en más de 1.500 observaciones.

La lesión de caries puede tener, desde sólo una respuesta de dentina hipermineralizada con o sin dentina secundaria reparativa o terciaria, o una lesión de mayor importancia dependiendo del grado de agresividad del proceso y de la respuesta del dentinoblasto, pudiendo observarse:

- solo dentina necrótica.
- dentina necrótica y superficial desmineralizada.
- dentina necrótica, superficial desmineralizada y profunda desmineralizada.
- dentina necrótica, superficial desmineralizada, profunda desmineralizada e hipermineralizada.
- sólo dentina hipermineralizada.

En cualquiera de las cinco formas se puede presentar una dentina secundaria reparativa o terciaria pero no tiene por qué existir, ya que todo dependerá de la capacidad de respuesta de los dentinoblastos. Cuando no hay capa de dentina secundaria reparativa o terciaria, es porque los dentinoblastos han muerto observándose ausencias de prolongaciones de los dentinoblastos en capas superiores. También podemos observar sólo este tipo de dentina como respuesta muy incipiente a los dentinoblastos ante la agresión que se está produciendo en el esmalte, cómo hemos podido observar en el caso nº 28.

Según lo expuesto, en el análisis microscópico que hagamos de una muestra, los hallazgos dependerán , evidentemente del momento de evolución de la caries cuando se haga el estudio. De esta forma , el caso nº 2 tiene dentina necrótica pero no dentina superficial desmineralizada y profunda.

En este estudio no hemos usado ningún método para establecer el grado de desmineralización del tejido dentinario por lo que en ocasiones ha resultado difícil establecer la zona desmineralizada realizándose en base a las imágenes del corte de los dientes que habíamos obtenido previamente .

A continuación, describiremos las características microscópicas observadas con Microscopia Electrónica de Barrido convencional de las lesiones de cada una de las zonas de la caries dentinaria.

1. ZONA DE DENTINA NECRÓTICA

La caries a nivel de la dentina comienza por una invasión bacteriana superficial de la dentina, que posteriormente invade los túbulos dentinarios (**Fig. 20**), lo que causa una desmineralización inicial, produciéndose posteriormente una invasión bacteriana mixta que prolifera en el interior de dichos túbulos produciendo una compresión y destrucción de las paredes e invadiendo la dentina peritubular (**Fig. 22 y 23**) ⁽²⁴⁾. Esto condiciona según avanza el proceso, una amplia y extensa destrucción dentinaria (**Fig. 24**) ⁽²⁵⁾, con una capa en superficie muy deleznable al tacto y que se puede desprender fácilmente.

Esta capa es la más superficial, y generalmente los túbulos están ocupados por bacterias (**Fig. 20**), si bien en nuestro estudio han sido excepcionales los dientes que mostraban este hallazgo debido a las técnicas utilizadas durante la preparación de las muestras que facilitaron la eliminación de éstas, aunque sí hemos constatado las lesiones que éstas producen a nivel de los túbulos dentinarios y de la dentina intertubular. Así, hemos observado túbulos con paredes horadadas, ensanchados y unidos debido a la proliferación y compresión de las bacterias (**Fig. 22-25**) ^(24,25), que condicionan grandes cavitaciones, debido a esa confluencia de los túbulos en dirección hacia la pulpa, que van dejando áreas de dentina intertubular con algunas alteraciones o incluso normal. También pudimos observar túbulos vacíos con ausencia de las prolongaciones de los dentinoblastos, “tractos muertos” (**Fig. 19**) por la muerte de los dentinoblastos ⁽²⁶⁾.

En la dentina intertubular se advierten cavitaciones perpendiculares a los túbulos dentinarios (**Fig. 26-28**). Esto podría estar justificado por la invasión de zonas de menor mineralización, como dicen algunos autores que podrían ser las

líneas de Owen. También podría estar justificado por la invasión bacteriana de los múltiples conductillos intertubulares que se observan en las capas más superficiales de la dentina, permitiendo el avance de la caries en sentido horizontal ⁽¹⁰⁾. Este es un hallazgo de gran importancia y con significación estadística (**P<0,001**). No debemos olvidar que el 55% de agua existente en la dentina está en estos conductillos intertubulares y en la dentina intertubular ⁽⁷⁾, lo que facilitaría el tránsito de sustancias, toxinas y bacterias.

Es de destacar en nuestro estudio estas cavitaciones horizontales en la dentina intertubular, que en numerosas ocasiones contactan con las cavitaciones existentes en los túbulos, y que también se han observado en caries no cavitadas de esmalte ⁽¹⁰⁾, que es lo que hace a esta zona muy deleznable.

La no existencia de las prolongaciones de los dentinoblastos puede ser debida a que la profundidad de la cavitación externa, la virulencia de las bacterias y/o la agresividad de las noxas que condicionan la retirada rápida o incluso la lesión o muerte celular.

2. ZONA DE DENTINA SUPERFICIAL DESMINERALIZADA

Los hallazgos morfológicos observados en esta zona son similares a los de la zona anterior pero en menor grado, no observándose las áreas de necrosis dentinaria deleznable al tacto.

La existencia de cavitación en dentina intertubular, se observa en un grado bastante menor (38,1%) que en la capa anterior, pero que si se compara con la zona siguiente (zona profunda desmineralizada), es un hallazgo que tiene significación estadística (**P<0,001**). La observación de bacterias en esta capa fue ocasional, debido a la técnica de preparación de las muestras que se llevó a cabo como se ha comentado anteriormente.

Sí es evidente, que en las lesiones de caries no cavitadas, los hallazgos morfológicos descritos en esta capa se constataron con cifras por debajo del 50%.

En esta zona de la caries dentinaria podemos encontrar túbulos ensanchados y horadados, hallazgos que tienen significación estadística (**$P < 0,001$**) cuando se comparan con la zona profunda desmineralizada, si bien en ocasiones observamos túbulos con prolongaciones de dentinoblastos (**Fig.11**) (caso nº11), es frecuente observar cavitaciones de la dentina intertubular (**Fig.36**). En todos los casos que hemos estudiado, ha sido frecuente observar túbulos con las lesiones descritas junto a otros donde aún persistían las prolongaciones de los dentinoblastos; como hemos comentado anteriormente el avance de la lesión de caries y en particular de las bacterias y/o toxinas bacterianas se hace a través de la luz del túbulo y con un avance irregular.

3. ZONA DE DENTINA PROFUNDA DESMINERALIZADA

En el análisis de la zona profunda de dentina desmineralizada se plantean numerosos problemas de interpretación, ya que en el estudio con Microscopio Electrónico de Barrido era difícil determinar si nos encontrábamos en zona de dentina superficial desmineralizada o en zona profunda.

Nos sirvió de ayuda la observación continua de la imagen del corte macroscópico del diente en la que podíamos determinar la zona que estábamos observando (**Fig. 62**). Pero somos conscientes de las limitaciones que ello conlleva, porque como ya hemos mencionado, el avance del proceso de caries es irregular pudiéndose encontrar zonas próximas en diferente grado y estadio de desmineralización. Es por todo ello, por lo que en nuestras tablas a veces se recogen lesiones más propias de la dentina superficial desmineralizada que de una zona profunda, como son tractos muertos y túbulos horadados.

Sorprende en nuestro estudio que tan solo se hayan encontrado 3 casos (14,3%) en los que se observaron los dentinoblastos en el interior de los túbulos. Esto podría estar justificado al haberse seleccionado lesiones cavitadas extensas. Pero sorprende aún más que tan sólo se observaba este hallazgo en 3 casos (50 %) de las lesiones no cavitadas.

Es evidente que la no observación en zonas profundas de prolongaciones de los dentinoblastos no tienen por que excluir la existencia de esa dentina profunda desmineralizada, ya que lo único que nos indica es que es una dentina sin capacidad de respuesta y asociada en numerosas ocasiones con ausencia de dentina secundaria reparativa o terciaria.

La observación en la zona profunda desmineralizada de túbulos lesionados (ensanchados, horadados y unidos), observados en nuestro estudio en un 38,1% de los casos puede ser debido a un error en la interpretación y localización del límite de esta zona, ya que al MEB, es difícil la delimitación de las mismas. Esto no excluye que en alguna ocasión se puedan encontrar dichas lesiones, dada la irregularidad del avance de la caries en los diferentes túbulos dentinarios. De todas formas, la no observación de estos túbulos lesionados cuando se comparan con la zona anterior (zona superficial desmineralizada), es un dato que tiene significación estadística ($P<0,001$).

4. ZONA HIPERMINERALIZADA

La dentina hipermineralizada es un hallazgo que se puede observar como la primera respuesta de la dentina a una caries de esmalte, pero el hecho de la invasión bacteriana hace que esta capa se observe en las zonas más profundas de la dentina y próxima a la cámara pulpar. En condiciones normales los túbulos dentinarios en las zonas profundas de la dentina suelen ser grandes y numerosos, pero en nuestro trabajo en un alto número de casos hemos podido constatar la existencia de una dentina esclerótica (peritubular) que cierra parcial o totalmente la

luz del túbulo dentinario (**Fig. 29-32**). La no observación en esta capa de lesiones de los túbulos como se observaba en la capa anterior (zona superficial desmineralizada), es un hallazgo que tiene significación estadística (**P<0,001**).

La escasa observación en estas zonas de las prolongaciones de los dentinoblastos en nuestro estudio, estaría justificada por el retroceso que hacen estas células, debido a la acción de los agentes nocivos y las bacterias, que estimulan dichas prolongaciones favoreciendo la formación de dentina esclerótica, dentina peritubular más gruesa que llega a ocluir el túbulo dentinario (**Fig. 29-32**)⁽¹⁰⁾, teniendo este dato significación estadística (**P<0,001**).

Pero en esta zona, también podemos distinguir otro tipo de dentina mineralizada por medio de los cristales de Whitlockita, que se suelen observar con más frecuencia en las lesiones de caries cavitadas, debido a la agresividad del proceso, ya que condiciona la degradación o muerte celular de los dentinoblastos lo que imposibilita la formación de dentina esclerótica, pero que debido a su retroceso o muerte la existencia de túbulos vacíos es lo que favorece el depósito de calcio y fosfato en el interior de éstos formando dichos cristales. Éstos ocluyen parcial o totalmente el túbulo dentinario (**Fig. 33 y 34**), no formando parte del mecanismo defensivo del dentinoblasto⁽³⁵⁾.

En nuestro estudio hemos observado que los túbulos cerca de la cámara pulpar, que suelen ser grandes y numerosos, sin embargo, son aparentemente escasos y están ocluidos o muestran un diámetro pequeño con una dentina peritubular muy densa (**Fig. 31 y 32**).

También hemos podido constatar que la dentina esclerótica se observa con más frecuencia en las lesiones no cavitadas (100%), que en las lesiones cavitadas (85,7%) (**Tabla 16-19**). Ello puede ser debido a que en las lesiones cavitadas se produce con más frecuencia la lesión o muerte celular.

En algunas ocasiones hemos observado también como el proceso de desmineralización ha alcanzado esta dentina hipermineralizada ocasionando lesiones en dentina intertubular y manteniéndose la dentina peritubular como “montículos” respetados en dicha zona. Ello puede ser debido a lo que hemos comentado anteriormente del diferente grado de avance de la caries en una misma zona. En nuestros casos, tan sólo se observó uno con signos de cavitación que también presentaban bacterias en la dentina intertubular (caso nº 26).

La baja observación de dentinoblastos en el interior de los túbulos en la zona profunda desmineralizada y en la zona de dentina hipermineralizada puede estar justificada por haber elegido para nuestro estudio lesiones cavitadas que alcanzaban la dentina y que por lo tanto, el proceso de caries podía haber originado el retroceso o muerte celular.

5. ZONA DE DENTINA SECUNDARIA REPARATIVA O TERCIARIA

El retroceso del cuerpo del dentinoblasto hacia el interior de la pulpa condiciona la formación de una nueva capa de dentina, la dentina secundaria reparativa o terciaria ⁽¹⁰⁾ que suele tener menor número de túbulos, de distribución tortuosa o incluso en ocasiones con áreas atubulares (**Fig. 38 y 39**) ⁽³⁴⁾, hallazgos éstos con significación estadística (**P<0,001**). Aunque hay autores como James y Daniel ⁽⁹⁾ que señalan que los túbulos de este tipo de dentina apoden ser recto similares a la dentina primaria o secundaria fisiológica cuando el estímulo es lento. en nuestros casos siempre los hemos observado tortuosos probablemente debido a la agresividad de las lesiones de caries que presentaban los casos seleccionados

Es evidente, que la observación de dentina secundaria reparativa o terciaria se observe con más frecuencia en casos de caries no cavitada ya que la agresión externa es menor aparentemente, y la supervivencia del dentinoblasto es mucho más probable. Debemos recordar que el caso nº 28 de nuestro estudio mostraba

este tipo de dentina en una lesión de caries de esmalte que afectaba a la mitad superficial del esmalte.

Por el contrario la existencia de una cavitación externa en mayor o menor extensión condiciona la muerte de dichas células, lo que junto con una agresividad más severa de la caries conlleva a la no recuperación de la capa de dentinoblastos y por lo tanto la ausencia de esta zona.

Ello justifica también la no existencia en algunos casos de las zonas de dentina hipermineralizadas y especialmente la secundaria reparativa o terciaria (20 casos) por una temprana desaparición de dentinoblastos. No debemos olvidar que en el proceso de caries, bien las bacterias o las toxinas bacterianas, pueden haber alcanzado la cámara pulpar y originar un proceso inflamatorio que imposibilita la reposición de la capa de dentinoblastos.

Es de destacar que en esta zona de dentina terciaria tan solo en la mitad de los casos se observó la existencia de dentinoblastos, lo que podría estar justificado como se ha expuesto anteriormente, por la lesión o muerte celular. Ello justificaría el por qué en 20 casos (66,6%) no se observó dicha capa dentinaria pese a la agresividad de las lesiones de caries. Por otro lado, si se ha de reseñar que previo a la desaparición de dicha célula, se formaría una dentina esclerótica en los 10 casos estudiados. Cabría pensar que esta ausencia de capa de dentinoblastos próximo a esta dentina secundaria reparativa o terciaria, estuviera en relación con la metodología de estudio realizada de las muestras. En nuestra experiencia, en las muestras conservadas en formol al 15%, la observación de esta capa de dentinoblastos es habitual en otros estudios

D) CONSIDERACIONES GENERALES

En el momento actual es muy difícil establecer desde un punto de vista morfológico si una **caries es activa o inactiva**. Clínicamente se ha considerado que las lesiones de mancha parda que se observan en las caries de superficie proximal

son lesiones detenidas, inactivas o pasivas, pero esto es un error ya que en realidad estas lesiones de esmalte no cavitadas, que son lesiones de esmalte remineralizadas ⁽³⁰⁾ o que se han teñido por hábitos sociales o alimenticios, no son expresión de la realidad que existe en el tejido subyacente, debido a que hay autores como Llamas y Cols. ⁽¹⁰⁾ que demuestran la existencia bajo estas lesiones superficiales de todas las zonas de una caries dentinaria en actividad, lo que también hemos constatado en el presente trabajo. Lo mismo sucede con las lesiones de surcos teñidos no cavitados, que muestran una amplia extensión en profundidad de la lesión de caries, llegando a alcanzar la dentina profunda, con lesiones muy variables.

Algunos textos siguen considerando a estas lesiones de mancha parda de la superficie proximal del esmalte como unas lesiones de caries inactivas o detenidas que muestran en el tejido subyacente sólo la dentina afectada no existiendo la dentina infectada ⁽³⁴⁾, pero en la actualidad sabemos que estas lesiones del esmalte pueden presentar en el tejido subyacente las zonas de dentina infectada y afectada ⁽¹⁰⁾.

Lo mismo que hemos considerado para las caries de superficie proximal no cavitadas podemos plantearnos para las caries de superficie oclusal no cavitadas. La existencia de un surco teñido con una coloración parduzca que puede inducir al clínico a la colocación de un sellador oclusal u otra técnica de restauración microinvasiva, según nuestro estudio, se debe dudar en realizarlas, ya que hemos podido comprobar cómo lesiones oclusales aparentemente no invasivas al realizar el corte histológico pueden alcanzar la dentina profunda. Es por ello, por lo que el conocimiento de las características morfológicas de estas lesiones y el diagnóstico son fundamentales para llevar cabo medidas terapéuticas adecuadas.

Es evidente que para el mejor estudio de la existencia de la hendidura del límite amelodentinario, es preferible hacerlo en lesiones no cavitadas, si bien en nuestro estudio en ese apartado hemos elegido 2 casos en los que existía dicha hendidura en los márgenes de la cavitación existente con unas características morfológicas similares a las observadas en los casos de lesiones no cavitadas.

La existencia de la hendidura del límite amelodentinario entre los hallazgos morfológicos del proceso de caries esmalte-dentina no es considerado por muchos autores, pero es un hallazgo frecuente de observar en las lesiones de caries no cavitadas ^(10 y 28). La existencia de cracks del esmalte justifica la invasión bacteriana profunda del esmalte sin que exista cavitación externa, permitiendo que las bacterias alcancen el límite amelodentinario ⁽¹⁹⁻²¹⁾, formen y proliferen en la hendidura ⁽¹⁹⁾ e invadan las capas superficiales del esmalte ⁽²²⁾.

No hay que confundir la grieta estrecha que se produce en los cortes longitudinales de los dientes como señala Kaqueler y Cols.⁽³³⁾, que puede ser debida al proceso de desecación de las muestras que se preparan para el estudio con M.E.B., ya que la hendidura del límite amelodentinario descrita por Llamas y Cols. ^(10 y 28) está siempre en íntima relación con el proceso de caries del esmalte, siendo precisamente el vértice del cono el que está en relación con dicha hendidura y su extensión depende del tamaño y extensión de dicho vértice.

Como resumen podemos establecer que hay una serie de signos morfológicos característicos de cada zona de la caries dentinaria lo que nos indicaría el grado de profundidad de las lesiones:

- En la zona de dentina necrótica sería característico la existencia de una dentina superficial deleznable al tacto, la lesión de los túbulos dentinarios (ensanchados, horadados y unidos), la cavitación de la dentina intertubular y la no existencia de dentinoblastos y de dentina hipermineralizada.
- En la zona de dentina superficial desmineralizada sería característico la existencia de lesión de los túbulos dentinarios y de la dentina intertubular en menor grado que en la zona anterior y la no existencia de dentinoblastos y dentina hipermineralizada.

- En la zona de dentina profunda desmineralizada sería característico la existencia de dentinoblastos en los túbulos y ocasionalmente túbulos lesionados y dentina hipermineralizada.
- En la zona de dentina hipermineralizada sería característico la existencia de un cierre parcial o total de los túbulos por dentina peritubular o cristales de Whitlockita, con presencia o no de las prolongaciones de los dentinoblastos.
- En la zona de dentina secundaria reparativa o terciaria sería característico la observación de túbulos con una disposición tortuosa, signos de dentina hipermineralizada y presencia o no de prolongaciones de los dentinoblastos dependiendo del grado de lesión de los mismos.

No debemos olvidar que el avance de la caries a través de los túbulos dentinarios se hace de una forma irregular por lo que podemos encontrar en un mismo nivel diferentes estadios evolutivos de la lesión, echo éste que se constata habitualmente cuando se realizan procesos operatorios para la restauración de la caries.

Para finalizar, es importante reconocer como hemos mencionado anteriormente, que todas las lesiones de caries originan una lesión inflamatoria del tejido pulpar y como consecuencia una lesión o destrucción de la capa de dentinoblastos total o parcial ⁽²⁷⁾, lo que condicionará una respuesta muy variable del tejido dentinario ante los agentes nocivos de la caries. Es por ello, por lo que los hallazgos morfológicos microscópicos de la caries pueden ser muy variables según cada diente del estudio.

VI. CONCLUSIONES

- 1ª. En los estudios microscópicos de la caries dentinaria la variabilidad de los hallazgos va a depender de la agresividad del proceso, del tiempo de evolución, de la zona estudiada y de la capacidad de respuesta o no de los dentinoblastos.
- 2ª. Para el estudio microscópico de la caries dentinaria se deben realizar diferentes métodos de análisis que permitan estudiar distintos aspectos de la misma (microbiología, grado de mineralización,.....) que complementen el estudio histológico.
- 3ª. El grado de extensión de las lesiones de caries siempre es superior a la determinada por cualquier método de exploración.
- 4ª. La coloración que muestra la caries dentinaria al corte, es indicativo de las diferentes zonas: negro-parduzca (zona de dentina necrótica), parduzca (zona de dentina superficial desmineralizada), pardo-amarillenta (zona de dentina profunda desmineralizada), translúcida (zona de dentina esclerótica).
- 5ª. Las preparaciones de las muestras por fractura para la observación con el MEB, condicionan numerosos artefactos, por lo que se aconseja el corte de los dientes con discos.
- 6ª. En los estudios microscópicos es difícil establecer la zona que se está analizando ya que en numerosas ocasiones se observan imbricadas las lesiones propias de una zona con las adyacentes.
- 7ª. Las lesiones en la zona de dentina necrótica son : existencia de bacterias, dentina necrótica superficial deleznable al tacto, lesiones de los túbulos

dentinarios (ensanchados, horadados y unidos), cavitación de la dentina intertubular y la ausencia de dentinoblastos y de dentina hipermineralizada.

- 8ª. Las lesiones en la zona de dentina superficial desmineralizada son : lesiones de los túbulos dentinarios (ensanchados, horadados y unidos), y la cavitación de la dentina intertubular en menor grado que en la zona anterior, así como la ausencia de dentinoblastos y de dentina hipermineralizada.
- 9ª. Las lesiones en la zona de dentina profunda desmineralizada son: existencia de dentinoblastos en los túbulos, y ocasionalmente túbulos lesionados.
- 10ª Las lesiones en la zona de dentina hipermineralizada son: existencia de un cierre parcial o total de los túbulos por dentina peritubular o cristales de Whitlockita, con presencia o no de las prolongaciones de los dentinoblastos.
- 11ª Las lesiones en la zona de dentina secundaria reparativa o terciaria son: existencia de túbulos con una disposición tortuosa, signos de dentina hipermineralizada y presencia o no de prolongaciones de los dentinoblastos dependiendo del grado de lesión de los mismos.
- 12ª. Para poder valorar las características de la caries dentinaria, es importante conocer el estado pulpar para así comprender la posible viabilidad de los dentinoblastos y los mecanismos de respuesta tisular que puedan condicionar.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. **JULIAN B, RICKNE C.** Dental anatomy: its relevance to dentistry. Baltimore, Masson-Williams & Wilkins, 1998: 97-9.
2. **WOELFEL JB, SCHEID RC.** Morfología de los premolares permanentes. En: Woelfel, JB; Scheid RC. Anatomía dental. Aplicaciones clínicas. Barcelona, Masson, 1998 : 187–234.
3. **GÓMEZ M, CAMPOS A.** Histología, Embriología e ingeniería Tisular Bucodental. Méjico, Editorial Médica Panamericana, 2009 : 256-82.
4. **TEN CATE AR.** Histología oral. Desarrollo, estructura y función. 2a Ed. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1986.
5. **JONES SJ, BOYDE A.** Ultrastructure of dentin and dentinogenesis. En: Linde A (Ed.): Dentin and dentinogenesis. Vol. I. Boca Raton, CRC Press, 1984: 81-134.
6. **PASHLEY DH.** Dentin: A dynamic substrate -A review. Scan Microsc, 1989; 3: 161-176
7. **PAUL SJ, SCHARER P.** Factores en la adhesión dentinaria. Parte I: Revisión de la morfología y fisiología de la dentina humana. J Esthet Dent, 1993; 3: 5-9.
8. **MARSHALL GW.** Dentina: Microestructura y caracterización. Quintessence (Ed. Esp.), 1995; 8: 160-171.
9. **JAMES K, DANIEL J.** Dentina. En: Principios de histología y embriología bucal: con orientación clínica. St. Louis, Mosby Elsevier, 2007: 107-13.
10. **LLAMAS R, SÁNCHEZ-BARRIGA R, BONILLA V, HERRERA M, PASTOR C.** La caries una enfermedad actual. Características morfológicas de la caries dentinaria. Rev Eur Odontoestomatol 2000; 12: 192-202.
11. **KEYES PH.** The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Arch Oral Biol 1960, 1 : 304-20.
12. **NEWBRUM E.** Cariology. Baltimore, Williams and Wilkins, 1978 : 23-8.
13. **NIKIFORUK G.** Understanding dental caries. Nueva York , Karger Press, 1985; I :72-81.
14. **MILES AEW.** Cambios por la edad en los tejidos dentarios. En : COHEN B, KRAMER JRH : Fundamentos científicos de odontología. Barcelona, Salvat Editores SA 1981 : 435-49.

15. **URIBE J, GLADIS E.** Cariología. En: URIBE J : Operatoria dental. Ciencia y práctica. Madrid, Ediciones Avances Médicos- Dentales SL, 1990 :15-41.
16. **GRIPPO JO, MASSI JV.** The role of stress corrosion and piezoelectricity in the formation of root caries. Foster KR ed. Proc. 13 th Ann N.E. Biogeng conf. Mar 12-13. Philadelphia, University of Pensylvania, 1987 : 93-5.
17. **GRIPPO JO, MASI JV.** Papel de los factores de ingeniería Biodental (FIB) en la etiología de la caries radicular. J Esth Dent (Ed. Esp.) 1991; 1: 34-40.
18. **LLAMAS R, JIMÉNEZ-PLANAS A, SÁNCHEZ-ROSADO M, SÁNCHEZ-BARRIGA R.** Los seis factores actuales en la etiopatogenia de la caries. Rev Eur Odontoestomatol 1994, 6 : 221-4.
19. **BRÄNSTROM M, GOLA G, NORDENVALL KJ, TORSTENSON B.** Invasion of microorganisms and some structural changes in incipient enamel caries. Caries Res 1980; 14: 276-84.
20. **MÉJARE I, BRÄNSTROM M.** Deep bacterial penetration of early proximal caries lesions in young premolars. J Dent Children 1985; March-April: 103-7.
21. **SEPPÄ L, ALAKUIJALA P, KARVONEN I.** Ascanining electron microscopic study of bacterial penetration of human enamel in incipient caries. Arch Oral Biol 1985; 30: 595-8.
22. **TRONSTRAD L.** El endodonto. En: endodoncia clínica. Barcelona, Ediciones científicas y técnicas SA, 1993:19-22.
23. **FEJERSKOV O, NYAVAD B, KIDD EAM.** Patology of dental caries. En: FEJERSKOV O, KIDD EAM : Dental caries. The disease and its clinical Management. 2ª Ed. Oxford, Blackwell Munksgaard, 2008 :19-48.
24. **SYMONDS NBB.** Electron microscopy study of the tubules in human carious dentine. Arch Oral Biol 1970; 15: 239-51.
25. **EDWARDSSON S.** Bacteriological studies on deep areas of carious dentine. Odonto Revy 1974; 25 (suppl.32).
26. **FISH EW.** Surgical pathology of the mouth. Londres, Pitman, 1948.
27. **NEWBRUM E.** Histopatología de la caries dental. En: cariología. México, Editorial Limusa, 1984.271-93.
28. **LLAMAS R, BONILLA V, PASTOR C.** Separación del esmalte y la dentina en la caries no cavitada de esmalte en 96 superficies proximales de 74 dientes. Consideraciones morfológicas ,diagnósticas y terapéuticas. RCOE 1998; 3: 19-34.

29. **BONILLA V, LLAMAS R, SÁNCHEZ –BARRIGA R, PASTOR C, JIMÉNEZ- PLANAS A.** Estudio in vitro comparativo del diagnóstico de caries en 145 superficies proximales de dientes del sector posterior con radiografía convencional y laservisiografía con análisis perfilométrico. *Odontología conservadora* 1999; 2 : 29-44.
30. **THYLSTRUP A, FEJERSKOV O.** Patología de la caries dental. En: caries. Barcelona, Ediciones Doyma, 1988: 170-96.
31. **FURRER B.** Die verkalkungszonen bei der dentinkaries. *Schwe Mschr ZHK* 1922; 21: 182-358.
32. **SARNAT H, MASSLER M.** Microstructure of active and arrested dentinal caries. *J Dent Res* 1965, 44: 1389-401.
33. **FUSUYAMA T.** Two layers of carious dentin. Diagnosis and treatment. *Oper Dent* 1979; 4: 63-70.
34. **HOFFMAN S.** Histopatología de la caries. En: Menaker L: Bases biológicas de la caries dental. Barcelona, Salvat editores SA, 1986: 239-60.
35. **JOHNSON NW, TAYLOR BR, BERMAN DB.** The response of deciduous dentine to caries studied by correlated light and electron microscopy. *Caries Res* 1969; 3: 348-68.
36. **ANGMAR-MANSSON B, TEN BOSCH JJ.** Advices in methods for diagnosing coronal caries - a review. *Adv Dent Res* 1993; 7: 70-9.
37. **PEGORARO CN, FRANCO EB.** Cárie dentária: métodos de diagnóstico e filosofia atual de tratamento. *CECADE News* 1994; 2: 1-14.
38. **LUSSI A.** Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 1993; 27: 409-16.
39. **WENZEL A.** New caries diagnostic methods. *J Dent Educ* 1993; 57: 428-32.
40. **BADER JD, SHUGARS DA.** Variation in dentists' clinical decisions. *J Public Health Dent* 1995;55: 181-8.
41. **BADER JD, SHUGARS DA.** Variation, treatment outcomes, and practice guidelines in dental practice. *J Dent Educ* 1995; 59:61-95.
42. **MURPHY EA.** The diagnostic process. En: Murphy EA, ed. *The logic of medicine*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1997; 281-313.
43. **ANUSAVICE KJ.** Treatment regimens in preventive and restorative dentistry. *J Am Dent Assoc.* 1995; 126: 277-43.

44. **RUBIO E., CUETO M. ET. y Cols** Técnicas de diagnóstico de la caries dental. Descripción, indicaciones y valoración de su rendimiento. Boletín de la Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria y León 2006; 46 (195)
45. **CARDENAS D.** Fundamentos de la odontología. Odontología pediátrica. 3a Edición. Medellín-Colombia, Corporación para Investigaciones Biológicas, 2003.
46. **PASTOR C., LÓPEZ G., GÓMEZ I., SÁNCHEZ- BARRIGA R., LLAMAS R.** Valoración de los métodos de exploración de caries oclusales sin cavitación. Rev. Eur Odontoestomatol 1998;10: 213-24.
47. **ALFANO RR, YAO SS.** Human teeth with and without dental caries studied by visible luminescent spectroscopy. J Dent Res 1981; 60:120-21.
48. **HISBOT R, GALL R.** Development of a diode laserbased fluorescence caries detector (abstract). Caries Res 1998; 32: 294.
49. **KÖNIG K, FLEMMING G, HIBST R.** Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)1998; 44: 1293-300.
50. **LLAMAS R, SÁNCHEZ-BARRIGA R, BONILLA V, PASTOR C, HERRERA M.** Estudio comparativo in vitro del diagnóstico de las caries de fosas, surcos y fisuras de dientes del sector posterior, por examen visual y un sistema de fluorescencia producida por laser Av odontoestomatol. 2001; 17: 447-64.
51. **SEGURA JJ.** Sensibilidad y especificidad de los métodos diagnósticos convencionales de la caries oclusal según la evidencia científica disponible. RCOE 2002; 7: 491-501.
52. **PITTS NB.** The diagnosis of Dental Caries: Diagnostic methods of assessing buccal, lingual and occlusal surfaces. Dent Update 1991;18:393-6.
53. **KIDD EAM, FEJERSKOV O.** What Constitutes Dental Caries Histopathology of Carious Enamel and Dentin Related to the Action of Cariogenic Biofilms. J Dent Res 2004; 83 (Spec Iss C): c35-8.
54. **ÁVALOS C, HERRERA M, JIMÉNEZ-PLANAS A, LLAMAS R.** Performance of laser fluorescence for detection of occlusal dentinal caries lesions in permanent molars: an in vivo study with total validation of sample. Caries Res 2009; 43: 137-41.

55. **MARTHALLER TM, GERMANN M.** Radiographic and visual appearance of small smooth surface carious lesions studied on extracted teth. Caries Res, 1970; 4: 224-42.
56. **HAYAT M.** Fixation for electron microscopy, Academic Press, 1981
57. **LÓPEZ ML.** Serie Científica Avanzada: El microscopio Electrónico. Centro de Extensión, 2003.
58. **VICTOR- POBLETE PM, PILLEUX C y Cols.** Ciencia De Los Materiales “Microscopia Electrónica De Barrido”. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2001.
59. **VISTAPROOF (DÜR DENTAL).** [http://www.duerrdental.de\(es\)](http://www.duerrdental.de(es)) productos /terapia- dental conservadora/vistaproof- cámara- de- fluorescencia- vistaproof.